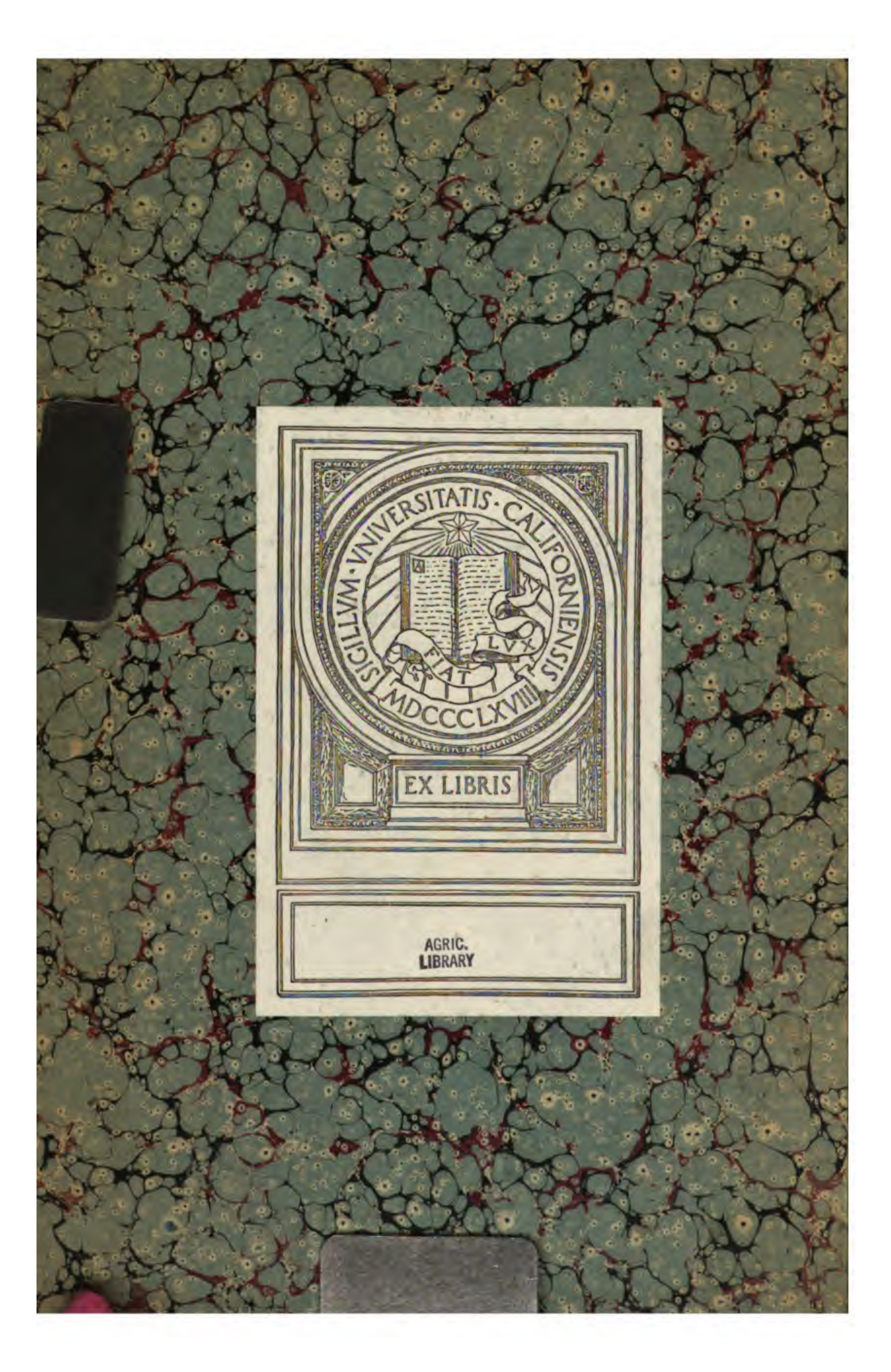


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS



79

# ANNALES

# AGRONOMIQUES

Motteroz, Adm.-Direct. des imprimeries réunies, B. Puteaux.

# ANNALES

# AGRONOMIQUES

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES

DU

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

(Direction de l'Agriculture)

PAR

**M. P.-P. DEHÉRAIN**

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT
PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE
ET DE CHIMIE AGRICOLE A L'ÉCOLE DE GRIGNON

TOME NEUVIÈME

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

**120, Boulevard Saint-Germain et rue de l'Éperon**

EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1883

# ANNALES
# AGRONOMIQUES



## AVIS

Le nombre des recueils scientifiques renfermant des travaux qui touchent à l'agronomie est devenu si grand aujourd'hui, qu'il est presque impossible aux personnes qui s'intéressent aux progrès de la science de parcourir toutes ces publications pour y rechercher les mémoires qu'il leur importe de connaître. Plusieurs de nos abonnés nous ont, à diverses reprises, exprimé le regret de ne pas trouver dans les *Annales agronomiques* une revue rapide des principales publications françaises et étrangères, et nous nous sommes décidés à publier cette revue; pour que cette addition fut réellement profitable, il était nécessaire de lui donner plus d'actualité que ne comportait notre publication trimestrielle et nous avons résolu de faire paraître les *Annales agronomiques* en douze fascicules. Chacun d'eux comprendra à partir du t. IX, non seulement des travaux originaux qui prendront, comme par le passé, la plus grande partie du fascicule, mais en outre, des traductions étendues des mémoires publiés à l'étranger et enfin une revue des publications agronomiques françaises et étrangères. Cette revue comprendra un grand nombre de sujets, avec l'indication des sources auxquelles le lecteur pourra recourir si le résumé publié par les *Annales* lui donne le désir de connaître plus complètement la question traitée.

# SUR LA RÉDUCTION DES NITRATES DANS LA TERRE ARABLE

PAR MM.

P.-P. DEHÉRAIN

Docteur ès sciences, professeur au Muséum d'histoire naturelle

et

MAQUENNE

Docteur ès sciences, aide naturaliste au Muséum d'histoire naturelle.

La richesse en azote des sols de prairie comparée à celle des terres cultivées en céréales est nettement établie; M. Boussingault, M. Truchot, M. Joulie en ont fourni de nombreux exemples. On trouve également dans les mémoires des laborieux agronomes de Rothamsted des chiffres concluants : ainsi la terre de la surface dans deux parcelles en prairie a présenté 2gr,5 et 2gr,8 d'azote par kilogramme, tandis que les sols cultivés en blé, bien qu'ils aient reçu plus d'engrais que la prairie, ne donnent que 1,8 d'azote par kilogramme, dans le cas où l'on a fait usage de fumier de ferme et à peine 1,2 quand on a donné chaque année des sels ammoniacaux. — De 1878 à 1881, le sol de nos diverses parcelles du champ d'expériences de Grignon s'est considérablement appauvri quand il a été cultivé en maïs fourrage ou en blé. Sa richesse est restée stationnaire, elle a plutôt légèrement augmenté, quand il a été maintenu en sainfoin, bien qu'il n'ait pas reçu d'engrais et qu'il ait alimenté trois bonnes récoltes. Ces résultats paraissaient incompréhensibles tant qu'on avait admis que le sol s'appauvrit surtout des matières que lui empruntent les récoltes; les travaux publiés par MM. Lawes et Gilbert, ceux qui ont été exécutés à Grignon, établissent au contraire que l'influence des plantes sur l'appauvrissement du sol est médiocre, et que la cause prédominante doit être cherchée ailleurs.

La question se trouve donc nettement posée dans les termes suivants : Comment se fait-il que la culture des prairies enrichisse le sol, tandis que celle des céréales l'appauvrisse? Comment se fait-il que dans un sol maintenu en prairie, perdant tous les ans, l'azote contenu dans les fourrages fauchés et consommés à l'étable,

ou dans les fourrages broutés sur place par les animaux et retenus dans leurs tissus, dans leur lait ou leur laine, conserve une richesse que ne manifeste pas une terre qui porte du blé, bien que les prélèvements de la légumineuse ou des graminées de la prairie naturelle soient supérieurs à ceux de la céréale?

En y réfléchissant, on reconnaît que la différence capitale de ces deux cultures doit être attribuée aux façons qu'exige l'une et que repousse l'autre. Une terre maintenue en prairie n'est que médiocrement aérée, l'oxygène n'y pénètre que très difficilement, les combustions y sont peu actives; il en est tout autrement dans une terre soumise chaque année à des labours, retournée par le versoir de la charrue, elle est aérée et les combustions y sont actives.

Or, si on se reporte au travail publié récemment par MM. Lawes, Gilbert et Warington, et dont les *Annales agronomiques* ont donné des traductions dans les septième et huitième volumes, on reconnaît que sur une quantité déterminée d'azote contenue dans l'engrais, une fraction souvent égale à celle que contient la récolte passe dans l'eau de draînage à l'état de nitrate et les auteurs supposent en outre, que sur la partie de l'azote de l'engrais qui ne se trouve ni dans la récolte, ni dans l'eau de drainage, la plus grosse part s'est échappée sous forme de nitrate, dans les eaux de drainage non recueillies.

Ainsi la plus grande partie de l'azote perdue par un sol disparaît par suite de sa transformation en nitrates qui, on le sait, ne sont pas retenus par la terre arable comme le sont les sels ammoniacaux, et il est clair que si le ferment aérobie dont MM. Schlœsing et Muntz ont découvert les fonctions, exerce une action utile en métamorphosant l'ammoniaque et sans doute l'azote des matières organiques en nitrates éminement assimilables, son activité devient funeste quand elle s'exagère, et qu'elle engendre des nitrates en telle proportion que les plantes ne peuvent l'utiliser, quand surtout cette activité continue de s'exercer alors que la moisson est abattue et que le sol ne porte plus de végétaux.

L'aération du sol cultivé en céréales ou en racines favorisant l'oxydation de la matière organique sous l'influence du ferment nitrique, paraît donc être la grande cause d'épuisement des sols fréquemment labourés et par suite le repos dans lequel est maintenu le sol de prairie semblerait être la cause qui y maintient une richesse plus grande, si on pouvait être certain qu'aucune

autre réaction ne vient dans ce cas déterminer des pertes d'azote plus ou moins considérables. Or en 1873, M. Schlœsing a publié aux *Comptes Rendus* deux notes importantes d'où il résulte qu'une terre maintenue dans une atmosphère confinée perd à l'état d'azote libre, non seulement le gaz contenu dans les nitrates ajoutés, mais encore une partie de l'azote de ses matières organiques.

D'après cette expérience une terre non remuée, non aérée ne paraît donc pas pouvoir s'enrichir plus qu'une terre aérée; il y a désaccord évident entre les résultats obtenus par M. Schlœsing et ceux qui sont constatés par la pratique agricole, ce désaccord toutefois ne peut être qu'apparent, nous nous sommes efforcés d'en dévoiler la cause.

## I

### Réduction des nitrates dans une atmosphère confinée. Expériences de M. Schlœsing.

Dans un grand flacon de verre, M. Schlœsing introduit 12 kilogrammes de terre auxquels il ajoute 7 grammes 5 de nitrate de potasse; le volume de l'air confiné est rigoureusement mesuré à la pompe à mercure, l'ammoniaque toute formée contenue dans le sol est dosée, le flacon est relié d'abord à une série de tubes destinés à recueillir l'humidité, l'acide carbonique, puis, à un tube de Bohême, à cuivre réduit, chauffé au rouge sombre, pour absorber l'oxygène des oxydes d'azote, enfin à un tube de Bohême à oxyde de cuivre pour brûler les gaz combustibles, les produits de cette combustion étant retenus par des appareils à chlorure de calcium et à potasse.

En extrayant les gaz confinés dans l'atmosphère du flacon par la pompe à mercure, on s'est convaincu qu'ils ne renfermaient ni oxydes d'azote, ni gaz combustibles; l'analyse du sol a montré que tout l'acide azotique avait disparu, et qu'une partie seulement de l'azote qu'il renfermait avait été convertie en ammoniaque.

Dans une seconde expérience exécutée sur le même poids de terre, on avait adapté au flacon un tube abducteur débouchant sous le mercure, on observa l'ascension du mercure pendant les premiers jours, puis sa descente et des dégagements de gaz, qu'on recueillit sans perte. A la fin de l'expérience on enlève à la pompe les gaz confinés dans la terre, et on observe pendant l'épuisement que l'acide carbonique dont la proportion au début est de 14,8

p. 100, augmente constamment, relativement à l'azote, et finit par être presque pur, ce qu'il faut attribuer à la décomposition des bicarbonates, de plus en plus marquée, à mesure que la tension de l'acide carbonique décroît dans le flacon.

L'analyse de la terre fait voir que tout l'acide azotique introduit a disparu, que la terre a gagné une certaine quantité d'ammoniaque renfermant une proportion d'azote bien inférieure à celle que contenait le nitrate et qu'en outre il s'est dégagé à l'état d'azote libre un volume de ce gaz, supérieur à celui que renfermait le nitrate introduit.

M. Schlœsing attribue la réduction du nitrate à la matière organique du sol.

Il résulte donc de ce travail, exécuté avec la plus scrupuleuse exactitude, qu'une terre confinée perd de l'azote, et nous avons voulu rechercher le mécanisme de cette déperdition; une première série d'expériences dans lesquelles nous avons essayé d'obtenir la réduction des nitrates par des procédés purement chimiques, n'ayant donné aucun résultat significatif, l'idée nous vint que peut-être cette réduction était due à l'action d'un ferment, c'est ce qui résulte en effet de la série des recherches que nous allons exposer.

## II

**De la présence d'un ferment anaérobie dans la terre arable. — Nature de ce ferment. — Production d'acide butyrique. — Gaz dégagé par l'action de ce ferment.**

L'existence d'un ferment anaérobie dans la terre arable est mise hors de doute par l'expérience suivante très facile à répéter. Dans un flacon ou un ballon d'un litre, on met une poignée de sucre de jardin, on remplit le flacon avec une dissolution de sucre à 7 ou 8 p. 100, on adapte un bouchon muni d'un tube abducteur débouchant sous le mercure et on immerge le flacon dans un bain d'eau à 35° environ; dans l'espace d'une quinzaine d'heures, la fermentation se déclare et acquiert bientôt une remarquable énergie, de la terre tombée au fond du flacon s'échappe une multitude de bulles de gaz, qui entraînent les parties légères du sol, les fragments végétaux jusqu'au col du ballon, le gaz continu de se dégager ainsi pendant une trentaine d'heures, puis la fermentation se ralentit, elle reprend quand on ajoute dans le liquide de la craie en poudre

pour saturer l'acide qui s'est produit, mais sans recouvrer son énergie première.

Les gaz dégagés sont formés d'acide carbonique et d'hydrogène, et le liquide manifeste une forte odeur d'acide butyrique, c'est bien au reste cet acide qui s'est produit par la fermentation du sucre, car en distillant le liquide fermenté séparé de la terre par décantation, avec de l'acide borique qui n'altère pas le sucre restant, on obtient un liquide très acide, donnant avec l'alcool et l'acide sulfurique l'odeur de fraise de l'éther ethyl-butyrique, fournissant en outre après sa combinaison à de l'hydrate d'oxyde de cuivre des cristaux de butyrate de cuivre d'une forme parfaitement caractérisée; en saturant les produits de plusieurs fermentations par du carbonate de soude, nous avons pu obtenir 16 grammes de butyrate de soude pur.

De nouvelles opérations nous ont fait voir, que le procédé paraît être le plus commode à employer pour obtenir facilement l'acide butyrique et ses dérivés en quantités quelconques.

L'examen du liquide en fermentation dévoile des vibrions ayant tous les caractères du ferment butyrique découvert par M. Pasteur, nous ne serions pas étonnés cependant que le ferment butyrique ne fut qu'en moindre proportion que le *bacillus amylobacter* de M. Van Tieghem, car les essais de fermentation du lactate de chaux et de la glycérine avec la terre n'ont donné que de médiocres résultats, on a obtenu de l'acide butyrique, mais en moindre proportion qu'avec le sucre, et d'après M. Duclaux le caractère dominant du ferment butyrique proprement dit est la production de l'acide butyrique au moyen du lactate de chaux.

Nous nous sommes assurés que le ferment butyrique de la terre arable présente comme le *bacillus amylobacter* la propriété de détruire les tissus végétaux; il fait en outre fermenter l'empois de farine.

Quand on prélève du liquide dans une fermentation en pleine activité et qu'on l'emploie pour ensemencer une dissolution sucrée, on propage la fermentation butyrique, après quelques jours cependant la fermention s'arrête, et on trouve au fond du liquide une couche de vibrions, dodus, brillants, mais inertes et qui bleuissent complétement par l'iode, tandis que les individus examinés dans un liquide en pleine fermentation sont agiles mais infiniment plus tenus que ceux qui se déposent au fond des liquides.

Les expériences précédentes démontrent donc de la façon la plus complète l'existence d'un ferment butyrique dans la terre arable, d'un ferment anaérobic capable de compléter l'œuvre du ferment aérobie découvert par MM. Schlœsing et Muntz.

La condition de la continuité de la vie sur le globe est le retour rapide de la matière organisée par les végétaux qui sert à l'alimentation animale aux formes simples sous lesquelles elle pénètre de nouveau dans la plante; cette transformation s'accomplit au contact de l'air, sans doute sous l'influence de fermentations diverses dont l'une des plus importantes est la combustion de la matière organique azotée, dont les éléments sont complétement brûlés, le carbone fournissant de l'acide carbonique, l'azote de l'acide nitrique. Le ferment nitrique paraissant très répandu, la destruction de la matière organique de la terre arable est assurée toutes les fois que cette terre sera aérée; mais cette matière organique persisterait indéfiniment dans les terres submergées soustraites à l'action de l'air, où les ferments aérobies ne peuvent se développer si les êtres anaérobies ne venaient à leur tour exercer leur fonction de destructeurs de matière organique qui paraît leur être dévolue dans l'économie de l'univers.

Or, quand on voit avec quelle rapidité des germes contenus dans une poignée de terre s'échappent des multitudes de vibrions, quand on les voit à l'œuvre déterminant après vingt-quatre heures dans une liqueur sucrée un puissant dégagement de gaz, quand on mesure l'énergie avec laquelle ils séparent d'une matière organique, de l'acide carbonique, de l'hydrogène et un résidu déjà partiellement brûlé, l'acide butyrique, on reste profondément frappé de la puissance de ces infiniments petits et de l'intérêt des études qui ont pour but de dévoiler successivement chacune des redoutables fonctions qu'ils exercent dans le monde.

## III

### Réduction des nitrates dans le sol. — Conditions de réussite. Gaz dégagés

L'existence dans la terre arable d'un ferment capable de décomposer un hydrate de carbone avec production d'hydrogène, étant établie par les expériences précédentes, il reste à démontrer que

c'est bien à l'action de ce ferment qu'est due la réduction des nitrates.

Pour l'établir il convient de faire voir d'abord que les nitrates ne disparaissent d'un sol que lorsque sont remplies les conditions d'atmosphère et de nutrition nécessaires à l'existence et à l'alimentation du ferment.

*La réduction des nitrates n'a lieu que dans des atmosphères privées d'oxygène.* — Quand on prend une terre de jardin naturellement salpêtrée ou additionnée de nitrates et qu'on l'enferme dans un tube de verre scellé à la lampe, on reconnaît après quelques semaines que les nitrates ont disparu et que l'atmosphère est absolument privée d'oxygène.

Si on casse, en effet, la pointe d'un des tubes ainsi préparés, qu'on fasse tomber la terre dans un verre, puis, qu'on la lave avec de l'eau distillée et qu'on essaie la réaction du liquide filtré sur une dissolution de sulfate de protoxyde de fer dans l'acide sulfurique, on n'obtient aucune réaction, bien que la moindre trace de nitrate suffise à colorer ce réactif en brun violacé; les nitrates ont donc disparu, en outre l'atmosphère est dépouillée d'oxygène et elle s'est enrichie d'azote. On réussit à le démontrer en disposant les expériences de la façon suivante.

Dans des tubes munis de robinets de verre qui tiennent le vide, on place 30 gr. de terre additionnée ou non de nitrate et de matière organique; au début de l'expérience on mesure les gaz à deux reprises différentes en faisant chaque fois le vide à la pompe. Après trente-cinq jours (du 3 au 8 mai) on a recueilli les gaz et l'on a obtenu les chiffres suivants :

| | | TUBE n° 1. 30 grammes de terre de jardin naturellement salpêtrée. |
|---|---|---|
| Gaz primitif | Oxygène | 6.20 |
| | Azote | 23.25 |
| Gaz final | Oxygène | 0.00 |
| | Acide carbonique | 6.20 |
| | Résidu gazeux | 26.40 |
| Gaz dégagé, acide carbonique déduit | | 3.02 |

Dans d'autres tubes simplement bouchés au liège, la réduction n'a pas eu lieu : il s'est établi en effet un échange entre l'atmosphère et les gaz confinés, suffisant pour qu'il y ait toujours un peu d'oxygène en contact avec la terre.

Cette observation démontre une fois de plus combien le bouchage au liège est insuffisant lorsqu'il s'agit d'avoir une fermeture hermétique.

*La réduction des nitrates n'a lieu que dans une terre riche en matières organiques.* — Nous avons opéré sur deux terres différentes, l'une riche en matière organique (3 gr. 8 d'azote par kilogr.), l'autre pauvre, dosant 1 gr. d'azote par kilogramme; ces terres sont placées dans des flacons de 250 gr. hermétiquement bouchés et munis de tubes abducteurs, scellés au mastic Golazet, recourbés sous le mercure.

La terre riche nous fournit la série des phénomènes décrits par M. Schlœsing dans ses notes de 1873, diminution de la pression intérieure, suivie d'un dégagement de gaz formé d'acide carbonique et d'azote.

Avec la terre pauvre, la diminution de la pression intérieure s'est maintenue, on n'a observé aucun dégagement de gaz; mais il n'en a plus été ainsi quand on a ajouté à cette terre pauvre, en même temps que du salpêtre, une matière sucrée; dans ce cas elle fournit toute la suite des phénomènes observés avec la terre riche; on reconnaît au reste que la production d'azote est d'autant plus considérable que la terre a été plus chargée de matière organique; c'est ce qui résulte nettement des deux expressions suivantes :

| | | TUBE n° 2. 30 grammes de terre et 5 grammes de salpêtre. | TUBE n° 3. 30 grammes de terre, 5 grammes de salpêtre et glycose potassé. |
|---|---|---|---|
| Gaz primitif | Oxygène | 4.87 | 5.85 |
| | Azote | 28.57 | 22.05 |
| Gaz final | Oxygène | 0.00 | 0.00 |
| | Acide carbonique | 9.10 | 20.00 |
| | Résidu gazeux | 23.90 | 42.80 |
| Gaz dégagé, acide carbonique déduit | | 5.33 | 20.75 |

Ainsi l'influence de la matière organique est des plus manifestes : quand la terre a reçu une forte dose de glycose potassée, le dégagement de gaz a été plus considérable que lorsqu'elle n'a pas été additionnée d'une nouvelle proportion de matière organique.

*La réduction des nitrates n'a lieu ni dans une terre chauffée, ni dans une terre imprégnée de chloroforme.* — Pour nous assurer que les réductions précédentes devaient bien être attribuées à l'influence d'un ferment, nous avions encore à soumettre nos

terres chargées de salpêtre à diverses épreuves que les travaux de MM. Pasteur, Schlœsing et Muntz ont tracées avec une telle netteté que nous n'avons qu'à prendre pour guide les règles qu'ils ont posées.

Comme les savants agronomes de l'Institut agronomique, nous avons soumis nos terres à l'action d'une température suffisante pour y détruire tous les êtres vivants : 20 gr. de terre de jardin naturellement salpêtrée ont été placés dans des tubes qu'on a scellés à la lampe, puis qui ont été chauffés pendant plusieurs heures de 120 à 125°; après un mois, toutes ces terres renfermaient encore des quantités sensibles de nitrates, tandis qu'ils avaient disparu de terres placées dans des tubes semblables, mais qui n'avaient pas été chauffés. Une température de 100° est impuissante à stériliser la terre, même après plusieurs heures de chauffe; on sait en effet que les germes de microbes résistent à l'action de l'eau bouillante et qu'on ne peut les tuer sûrement que vers 120°.

Il est important de ne pas opérer sur une grande masse de terre, difficile à chauffer uniformément dans toutes ses parties; on ne réussit que rarement à stériliser une terre placée dans un flacon de 250 gr. qu'on maintient au bain de chlorure de calcium pendant plusieurs heures.

Ces expériences sont bien de nature à montrer que la réduction des nitrates est due à un être vivant, car on ne comprendrait guère que des réactions chimiques ne pussent se produire dans une terre chauffée à 120°, quand elles apparaissent dans cette même terre maintenue à la température ordinaire. Toutefois, l'épreuve par le chloroforme est encore plus décisive; elle était d'autant plus importante à tenter qu'elle était capable de nous instruire sur la nature du ferment réducteur des nitrates; en effet si cette réduction était due à une diastase, elle devait persister malgré l'emploi du chloroforme; si au contraire elle était produite par l'activité vitale du ferment figuré dont les expériences précédentes nous avaient montré l'existence, la remarquable observation de M. Muntz nous permettait de le décider, puisque les terres soumises à l'action du chloroforme devaient, dans ce dernier cas, conserver leurs nitrates.

La terre qui avait servi aux expériences précédentes fut placée dans des tubes qu'on scella à la lampe après y avoir introduit quelques gouttes de chloroforme; après plusieurs mois les nitrates persistent, bien que la matière organique se soit parfaitement

brûlée ; en soumettant au jeu de la pompe un tube renfermant de la terre chloroformée, on n'y trouve plus d'oxygène, mais une forte proportion d'acide carbonique ; les nitrates cependant y avaient persisté.

*Des terres qui ont perdu la propriété de réduire les nitrates par l'action de la chaleur les réduisent de nouveau lorsqu'elles ont été ensemencées de terre normale.* — Des terres chauffées et dans lesquelles il existe encore des nitrates sont mélangées à une petite quantité de terre normale, puis soustraites à l'action de l'air dans des tubes scellés ; après quinze jours, les nitrates ont disparu ; il semble que le ferment qui détermine la réduction des nitrates soit assez répandu, car il a suffi parfois d'ouvrir un tube chauffé renfermant encore des nitrates et de placer la terre dans un tube qu'on scelle ensuite à la lampe pour voir la réduction s'effectuer.

## IV

**Mode d'action du ferment réducteur des nitrates. — Action de l'hydrogène naissant. — Production du protyoxyde d'azote dans les terres salpêtrées maintenues dans une atmosphère réductrice.**

Dans le second paragraphe de ce mémoire, nous avons reconnu la présence dans le sol du ferment butyrique, être essentiellement anaérobie, et décomposant les hydrates de carbone avec production d'acide carbonique et d'hydrogène ; dans le troisième paragraphe, nous avons reconnu que la réduction des nitrates est l'œuvre d'un ferment et qu'elle ne se produit que dans une atmosphère privée d'oxygène et dans une terre riche en matière organique, il est donc bien vraisemblable que la réduction des nitrates est l'œuvre du vibrion butyrique ; cette opinion s'appuie non seulement sur les considérations précédentes, mais encore sur les réactions qui se produisent dans une terre salpêtrée maintenue à l'abri de l'air.

Quand on place dans un flacon de la terre chargée de salpêtre et une dissolution de sucre, on obtient une fermentation active, ainsi qu'il a été dit plus haut, et nous avons pu obtenir d'une semblable fermentation des gaz présentant la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Acide carbonique | 67.3 |
| Hydrogène | 31.5 |
| Azote | 1.2 |

Mais lorsque la fermentation est moins active, quand on extrait par exemple à la pompe les gaz constituant l'atmosphère d'un tube rempli de terre additionnée de salpêtre seulement, ou de salpêtre et de glycose potassée, on obtient des gaz différents, ainsi que nous l'avons reconnu tout à fait à l'origine de nos recherches : les gaz extraits des tubes étaient débarrassés d'acide carbonique par la potasse, on s'était assuré qu'il n'y avait plus d'oxygène, et on avait introduit dans l'eudiomètre le résidu gazeux avec de l'oxygène et du gaz de la pile, on fit détonner, et on fut très surpris de constater, non pas une diminution dans le volume du gaz; mais au contraire une légère augmentation.

Le premier mouvement fut de l'attribuer à une impureté provenant d'un mauvais balayage des tubes abducteurs par les gaz de la pile, cependant en envoyant de nouveau ce gaz dans l'eudiomètre, on retrouva exactement le volume mesuré auparavant, le gaz de la pile disparaissait sans résidu ; ont eût alors l'idée que peut-être on avait recueilli un gaz capable de se dissocier sous l'influence de la chaleur produite par la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène, et on introduisit dans l'eudiomètre une nouvelle quantité de gaz provenant de l'atmosphère des tubes, mais cette fois au lieu d'y ajouter de l'oxygène, on y introduisit de l'hydrogène et on fit détonner; la diminution de volume fut sensible avec l'atmosphère d'un tube renfermant de la terre naturellement salpétrée, elle le devint bien davantage avec l'atmosphère des tubes 2 et 3 (voyez page 13). On eut alors l'idée d'agiter ce gaz avec de l'alcool qui en dissout environ 1/5ᵉ; cet ensemble des caractères nous décelait donc dans les gaz provenant de la réduction des nitrates dans la terre arable une proportion sensible de protoxyde d'azote.

On exécuta un certain nombre d'expériences de vérification qui conduisirent aux résultats suivants.

Les gaz extraits d'un flacon renfermant 300 grammes de terre de jardin et 20 grammes de salpêtre, ont fourni à l'analyse eudiométrique les chiffres que nous inscrivons ci-dessous.

| | |
|---|---|
| Gaz introduit exempt d oxygène. | $8^{cc}.6$ |
| Avec hydrogène.............. | $11^{cc}.6$ |
| Après détonation............. | 10.6 |
| Gaz disparu.................. | 1.0 |
| Protoxyde d'azote............ | 1.0 |

D'où pour 100 de gaz.

| | Protoxyde |
|---|---|
| Première analyse | 11.7 |
| Deuxième analyse | 11.8 |

Gaz extrait d'un flacon renfermant 300 grammes de terre et 10 grammes de salpêtre.

| | |
|---|---|
| Gaz introduit exempt d'oxygène | 5cc3. |
| Avec hydrogenè | 9.0 |
| Après détonation | 8.5 |
| Gaz disparu | 0.5 |
| Protoxyde d'azote | 0.5 |

D'où pour 100 de gaz.

| | Protoxyde. |
|---|---|
| Première analyse | 9.4 |
| Deuxième analyse | 9.3 |

Ainsi, quand les proportions de salpêtre et de matières organiques sont convenables, la réduction des nitrates se produit avec dégagement de protoxyde d'azote et d'azote libre.

On obtient également ce mélange gazeux quand on met à fermenter du sucre et de la terre et qu'on y ajoute des nitrates; c'est ce qui résulte de l'analyse suivante :

| | |
|---|---|
| Acide carbonique | 85.5 |
| Protoxyde d'azote | 8.2 |
| Azote | 11.3 |

Les conditions dans lesquelles il convient de se placer pour observer les dégagements de protoxyde d'azote sont assez particulières, car M. Schlœsing, qui avait prévu la possibilité de la production des oxydes d'azote dans son travail de 1873, n'avait pas observé leur dégagement.

Les faits précédents nous conduisent à considérer la réduction des nitrates dans la terre arable comme une réaction secondaire. Quand une terre est placée en atmosphère confinée et qu'elle renferme une proportion suffisante de matières organiques, les germes des ferments butyriques qu'elle renferme se développent; ils décomposent la matière organique avec production d'hydrogène, et cet hydrogène réduit les nitrates avec dégagement d'azote libre, souvent accompagné de protoxyde d'azote, comme il le fait dans l'expérience classique de la dissolution du zinc dans l'acide azotique étendu.

Dans toutes les réactions chimiques où intervient l'hydrogène dit

*naissant*, on réalise des combinaisons qui ne pourraient pas s'effectuer avec l'hydrogène normal; la raison de cette différence, c'est que, dans les réactions dont il s'agit, l'hydrogène se dégage accompagné d'une somme d'énergie plus ou moins grande qu'il emprunte au travail chimique qui lui a donné naissance. Or, tout fait supposer que les réactions dues à l'activité des ferments sont exothermiques comme les précédentes : dans nombre de circonstances, la température s'élève pendant la fermentation; par conséquent l'hydrogène qui est mis en liberté dans ce cas se trouve dans les mêmes conditions que l'hydrogène naissant, et on conçoit qu'il puisse produire, comme lui, des réactions irréalisables dans l'état actuel, parce qu'elles ne donnent pas lieu à un dégagement de chaleur suffisant.

La production de l'acide butyrique sans dégagement d'hydrogène mais accompagné de dégagement d'azote et de protoxyde d'azote, que nous avons signalé tout à l'heure et qui s'observe dans une terre additionnée de salpêtre, nous paraît être une preuve suffisante de l'exactitude de cette assertion.

Les travaux précédents ont fait l'objet de trois notes successives présentées à l'Académie des sciences dans les séances des 16 et 23 octobre, et du 6 novembre 1882; les deux premières notes ont été remises ensemble, le 14 octobre, à M. Pasteur, qui a bien voulu les présenter l'une et l'autre à l'Académie avec une bienveillance dont nous sommes heureux de lui témoigner notre reconnaissance. Les notes indiquant que la réduction des nitrates est due à ces ferments, que cette réduction a lieu avec dégagement de protoxyde d'azote, ont donc été remises entre les mains de l'illustre académicien avant la publication de la note de MM. Gayon et Dupetit sur le même sujet qui avait été présentée à l'Académie huit jours avant la nôtre.

Les savants chimistes de Bordeaux ont reconnu que dans l'eau d'égout soustraite à l'action de l'air, les nitrates sont réduits par plusieurs ferments spéciaux, certainement différents du ferment butyrique que nous avons observé, car les unes réduisent les nitrates avec dégagement d'azote, et les autres sans produire d'azote libre, mais en ramenant l'azotate à l'état d'azotite. La découverte de MM. Gayon et Dupelet présente un grand intérêt au point de vue de l'emploi des eaux d'égout dans les irrigations, elle démontre clairement combien il importe de ne répandre ces eaux

que sur des sols bien aérés, de façon que les nitrates qui auraient pu se former dans les couches supérieures du sol ne soient pas réduits dans les profondeurs où l'oxygène n'arrive plus que difficilement, si le sol n'est pas aéré par les drains.

## V

**Conclusions agricoles qui découlent du présent travail. L'enrichissement d'une terre remuée paraît être dû à l'amoindrissement de la nitification.**

Ainsi qu'il a été dit plus haut, la question qu'il s'agissait d'éclairer dans le travail dont nous venons d'exposer les principaux résultats, était surtout la cause d'enrichissement d'un sol qui n'est pas exposé chaque année à l'action oxydante de l'air, enrichissement qui paraissait d'autant plus difficile à comprendre que d'après les expériences de M. Schlœsing, on avait à craindre de voir dans un sol semblable les nitrates disparaître en abandonnant leur azote à l'état libre.

Aujourd'hui que nous connaissons mieux cette cause de perte d'azote, nous voyons, qu'en réalité, elle est médiocrement à craindre, en effet, pour que le vibrion butyrique se développe et exerce son influence réductrice sur les nitrates, il doit rencontrer un sol absolument dépouillé d'oxygène; or, cette condition ne se rencontre probablement que rarement dans les terres arables, au moins nous n'avons aucune analyse d'atmosphère confiné extraite d'un sol en place, dans laquelle l'oxygène ait complètement disparu.

Il est possible cependant que dans des terres fortes peu perméables, il y ait après des pluies abondantes un déplacement complet de l'air interposé dans la terre et que, dans ces conditions, les nitrates disparaissent, par réduction, par le vibrion butyrique; c'est peut-être ainsi qu'on pourrait interpréter une ancienne observation de M. Boussingault, qui avait vu dans certains sols les nitrates disparaître absolument après des pluies abondantes.

Il est possible également que, dans un milieu aussi peu homogène que la terre arable, il y ait par places des points où l'air ne peut pas pénétrer et où l'atmosphère se dépouille absolument d'oxygène; dans ces conditions, le vibrion butyrique agirait encore, mais nous ne pensons pas que son influence puisse cependant exercer habituellement une action marquée sur la richesse de la terre, et puisse

compromettre l'influence avantageuse que présente un ralentissement dans la nitrification.

Jusqu'à ces derniers temps, on n'a pas insisté suffisamment sur l'action épuisante du ferment nitrique, et c'est seulement depuis que MM. Lawes, Gilbert et Warington ont comparé l'azote contenu dans les eaux du drainage sous forme de nitrates à la proportion renfermée dans les récoltes, depuis que nous avons chiffré les pertes qui se produisent dans nos sols de Grignon labourés chaque année, qu'on a l'idée nette de l'influence fâcheuse d'une nitrification exagérée.

Il semble donc que si par un moyen quelconque on réduit cette formation de salpêtre, on diminuera les pertes qu'elle occasionne; or, il ressort des travaux de M. Schlœsing, qu'un sol soumis à l'action d'un air moins riche en oxygène que l'air normal, nitrifie moins bien; et il n'est pas douteux que l'abondance des matières carbonées dans un sol non remué n'indique absolument un ralentissement dans les propriétés comburantes de l'atmosphère confinée dans les terres maintenues en prairies.

Une des causes de la richesse en azote d'une terre non remuée nous paraît donc un ralentissement marqué dans la nitrification.

En outre, l'abondance de la matière carbonée qu'y dévoilent les analyses, fait concevoir comment elles peuvent s'enrichir; jusqu'à présent nous ne connaissons que deux causes absolument certaines d'enrichissement des sols; la fixation de l'azote très bien observée par M. Berthelot, la fixation de l'ammoniaque atmosphérique annoncée par M. Schlœsing; que ces deux causes agissent séparément ou simultanément, la condition nécessaire du gain d'azote est la présence dans le sol des matières ulmiques provenant des résidus des végétations antérieures. Tout ce qui favorisera l'accroissement de la matière carbonée, sera donc favorable à l'accumulation de l'azote; or, les analyses de M. Boussingault, celles de M. Truchot, aussi bien que les dosages exécutés à Grignon, montrent que les sols de prairie renferment précisément une quantité de carbone organique infiniment plus grande que celle qu'on rencontre dans les terres régulièrement ouvertes par la charrue.

Ces terres se trouvent donc dans les conditions les plus favorables à l'enrichissement, puisque d'une part elles peuvent retenir les matières azotées qui leur viennent de l'atmosphère; puisque d'autre part, ces matières ne sont soumises qu'à de faibles causes

de déperdition; la nitrification s'y fait mal, parce que l'air y pénètre difficilement, et comme nous venons de le montrer, la réduction des nitrates formés à la surface par l'action du ferment butyrique doit y être rare, car la vigueur des plantes que portent les prairies démontrent que les racines rencontrent encore assez d'oxygène pour assurer leur respiration régulière; or la présence de l'oxygène est incompatible, nous l'avons déjà vu, avec le fonctionnement du ferment butyrique.

---

REMARQUES CRITIQUES SUR LES TRAVAUX RÉCENTS

CONCERNANT

# LE MOUVEMENT DE L'EAU DANS LE BOIS

PAR

M. JULIEN VESQUE

Docteur ès sciences, aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle.

Les lecteurs des *Annales agronomiques* connaissent par les nombreuses notes de M. Bœhm, l'historique de la question du mouvement de l'eau[1]; actuellement deux théories sont en présence : 1° L'eau se meut uniquement dans les parois des éléments de l'aubier (théorie de l'imbibition); 2° l'eau passe de cellule en cellule en traversant les parois cellulaires (théories de Bœhm). La théorie de l'imbibition n'a jamais eu beaucoup de succès en France. Déjà, en 1867, M. Duchartre, dans ses *Éléments de Botanique* (p. 726), trouve que Unger, l'inventeur de cette théorie, va beaucoup trop loin et que sa théorie est évidemment beaucoup trop exclusive; plus loin, après avoir reconnu que l'appel de sève par la surface des organes est certainement l'une des causes les plus puissantes, si ce n'est même la plus puissante parmi toutes celles qui déterminent la marche ascendante de la sève, il ajoute qu'il y a certainement de l'exagération dans la théorie formulée et développée par M. Bœhm, selon laquelle la diffusion dans ses diverses manifestations et la capillarité ne concourant pas à l'ascension de la sève, ce liquide ne s'élèverait qu'en obéissant à la succion qui résulte de la transpi-

1. Bœhm. *Annales agron.*, tome VIII.

ration, c'est-à-dire par la pression atmosphérique. M. Bœhm ne nie pas l'intervention de la poussée des racines, mais il déclare que les effets de l'endosmose sont beaucoup plus lents pour fournir à la plante l'eau qu'elle perd par transpiration, et que la uccion qui résulte de la transpiration se transmet de cellule en cellule, de vaisseau en vaisseau, jusqu'à l'extrémité des racines ou éventuellement « jusqu'à l'endroit de la plante qui reçoit de l'eau par osmose ».

L'auteur de la présente analyse critique croit avoir fourni quelques matériaux importants à la solution de cette question. Il a démontré[1] que, lorsqu'on élève rapidement la température des organes aériens d'une plante, on voit l'absorption de l'eau par les racines diminuer et même devenir nulle. Si le liquide se mouvait exclusivement dans l'épaisseur des parois cellulaires, l'augmentation de la pression de l'air contenu dans les cavités des cellules ne pourrait exercer aucune influence sur ce mouvement. Plus récemment, M. Bœhm admet que, lorsque les vaisseaux sont remplis d'eau, ce liquide peut s'y mouvoir directement et former une colonne ascendante. Dans quelques plantes, comme le Robinier et l'Ailanthe, les vaisseaux des derniers anneaux des bois seuls présentent cette particularité; il suffit d'enlever sur une branche un anneau de bois d'une faible épaisseur pour que la branche se dessèche absolument comme si on l'avait coupée. Nous avons répété cette expérience, au Muséum, sur un Robinier. Au printemps, avant le développement des feuilles, on a enlevé sur un rameau d'environ 25 millimètres de diamètre tout le bois de l'année précédente, sans entamer celui de deux ans, sur une largeur de 2 centimètres. Non seulement les feuilles ne se sont pas développées, mais on n'a remarqué aucun indice de végétation et, en ce moment, cette branche est morte et desséchée.

Dans un petit travail communiqué aux comptes rendus de l'Académie des sciences et qui paraîtra sous peu *in extenso* dans les *Annales des sciences naturelles*, nous avons montré qu'on peut directement observer le mouvement de l'eau dans les vaisseaux en amincissant, sous l'eau, l'extrémité d'un rameau coupé de manière à laisser voir les vaisseaux au miscroscope; il suffit alors de troubler l'eau de la préparation par un léger précipité d'oxalate de chaux pour

1. Vesque. L'absorption de l'eau par les racines. *Ann. agron.*, tome III, p. 321.

voir les granules solides se précipiter avec une rapidité surprenante dans l'orifice des vaisseaux. La transpiration devenant plus forte, il vient un moment où l'air dissous dans l'eau se dégage sous forme de petites bulles qui, formant chapelet dans les vaisseaux, s'opposent absolument au mouvement ascendant du liquide. Deux cas peuvent se présenter dans ces nouvelles conditions : 1. La transpiration est plus forte que l'absorption de l'eau : les bulles d'air augmentent constamment de volume, les index d'eau sont enlevés aux vaisseaux par les éléments anatomiques environnants. 2. La transpiration est nulle ou très faible : les bulles d'air diminuent et, devenues très petites, sont entraînées de bas en haut avec une rapidité croissante. Il n'est pas nécessaire pour cela que *tout* le vaisseau soit rempli d'eau; en effet, une longue colonne d'eau arrêtée supérieurement par des bulles d'air peut être enlevée avec une telle rapidité par les cellules ambiantes, qu'il en résulte un courant ascendant de toute la colonne d'eau située plus bas. Finalement, tout l'air s'échappe du vaisseau par diffusion et se trouve remplacé par de l'eau. M. Bœhm explique de quelle manière l'air enfermé dans un appareil, clos par des membranes imbibées d'eau, et en présence d'un corps qui absorbe de l'oxygène et exhale de l'acide carbonique, peut se diffuser complètement[1].

Rappelons à ce sujet que nous avons fait voir, il y a plusieurs années[2], que le diamètre, le nombre et la longueur des vaisseaux sont en rapport avec la quantité moyenne de l'eau exhalée par la plante, et la réserve transpiratoire qui doit lui être assurée en raison de sa station. Cette réserve vasculaire peut être le plus simplement exprimée par la quantité d'eau qui s'écoule des vaisseaux sous la pression $p$ égale à la succion, plus la pression éventuelle des racines, divisant la quantité d'eau que les vaisseaux peuvent contenir :

Tout calcul fait, et en substituant au rayon du vaisseau le nombre des vaisseaux nécessaires pour que la somme de leurs sections égale un millimètre carré, on obtient :

$$R = A \frac{nl^2}{p}, \text{ A étant un facteur constant.}$$

On voit que la réserve vasculaire est proportionnelle au nombre

1. Bœhm, *loc. cit.*

2. Vesque. Observations anat. et physiol. sur la structure du bois, *Ann. d. sc. nat.*, 5e s., t. III, p. 358.

des vaisseaux nécessaire pour donner un millimètre carré de section totale, proportionnelle au carré de la longueur et inversement proportionnelle à l'activité de la transpiration.

Cette formule algébrique renferme tous les éléments qu'il faudra faire varier pour donner à la plante le pouvoir de résister à la sécheresse.

Supposons, par exemple, que nous avons à faire à un arbrisseau : si nous augmentons *n*, qui exprime à la fois le nombre absolu et la finesse des vaisseaux, nous aurons une plante *éricoïde*, à bois fin et serré. Augmentons *l*, la longueur des vaisseaux, et par conséquent celle de la plante tout entière, nous aurons une plante sarmenteuse, comme la vigne. Le facteur *l* étant au carré, il est évident que les vaisseaux des plantes grimpantes doivent être très larges, la longueur seule leur assure une réserve transpiratoire suffisante. Faisons remarquer en passant qu'en cultivant la vigne comme on le fait généralement, on lui *retranche sa réserve transpiratoire*, et on l'expose à se dessécher sous l'influence d'un coup de vent chaud ou d'une autre cause quelconque. Diminuons *p*, la force de la succion, et par conséquent la transpiration, nous aurons des plantes d'un aspect variable selon les moyens employés. La transpiration peut être diminuée par la réduction de la surface des feuilles ou des organes qui les remplacent (bruyère, asperges, etc.), par la suppression plus ou moins complète des feuilles (aphyllie), par l'épaississement de la cuticule et l'enfoncement des stomates au-dessous du niveau de l'épiderme (feuilles coriaces, luisantes), par la diminution du nombre des stomates, par le revêtement pileux plus ou moins dense, etc.

Ce sont là autant de moyens d'adaptation de la plante à la sécheresse. Nous nous proposons de traiter plus tard cette question au point de vue de la culture.

Cette coïncidence de la structure anatomique du bois avec le milieu dans lequel la plante vit et avec la forme même de la plante, n'est pas une preuve directe de la vérité de la théorie de M. Bœhm, mais elle la rend extrêmement vraisemblable. Mise en présence, au contraire, de la théorie de l'imbibition, il est impossible de trouver une relation quelconque entre la théorie et le fait anatomique observé.

Ces preuves de vraisemblance ne sont pas les seules que l'anatomie nous fournisse. En voici quelques autres :

1. On appelle *hypoderme* une ou plusieurs assises de cellules situées au-dessous de l'épiderme et qui renferment souvent un liquide très aqueux; lorsque la plante manque d'eau, on voit cet hypoderme s'affaisser et céder de l'eau aux tissus assimilateurs; il se gonfle au contraire et se recharge d'eau lorsqu'on arrose la plante.

2. Nous donnons le nom de *réservoirs vasiformes* à des éléments lignifiés, à parois peu épaissies, ponctuées, qui se trouvent ordinairement par petits groupes à l'extrémité des dernières ramifications des faisceaux fibro-vasculaires, et qui, remplis d'eau lorsque la plante est en réplétion aqueuse, cèdent ce liquide aux tissus parenchymateux en cas de sécheresse. Ces éléments, lorsqu'ils existent, sont d'autant plus volumineux que la plante est plus xérophile; il n'y a de fait aucune différence entre eux et les trachéides, les fibres et les vaisseaux du bois; il faut donc s'attendre à ce que ces derniers se comportent exactement de la même manière.

3. Les ponctuations souvent si compliquées des éléments ligneux ne paraissent pas être bien utiles si on accepte la théorie d'imbibition; cependant, pour qu'une hypothèse fût admissible, il faudrait qu'elle expliquât le fonctionnement des organes connus, parfaitement décrits et visibles à tous les yeux. De même qu'un mécanicien qui examine les organes d'une machine inconnue, devine, pour ainsi dire, leur fonctionnement, de même le naturaliste peut être mis sur la voie de la vérité par la seule étude anatomique. Certes, il n'arrivera pas de cette manière à conquérir des preuves; mais lorsque deux théories, l'une et l'autre non prouvées sont en présence, les vraisemblances ne sont pas à dédaigner. Comment croirait-on que ces grands dialyseurs enchâssés dans les parois épaisses des fibres ligneuses des Conifères, par exemple, ne servent pas au passage de l'eau?

Les éléments du bois ont avant tout un double rôle à jouer dans l'économie des plantes ligneuses : ils constituent le squelette et ils conduisent l'eau; il faut donc que les parois soient à la fois très solideset très perméables. Ce résultat est obtenu dans les cellules épaisses par une sorte de division du travail; une partie de la membrane se charge surtout des fonctions mécaniques, tandis que d'autres, en forme de fenêtres, servent spécialement au passage de l'eau. Ceux de nos lecteurs qui ont présenté à l'esprit la structure de la ponctuation aréolée, admireront certainement la manière

ingénieuse dont la nature est arrivée à concilier les exigences mécaniques et vitales. S'il était permis de pousser la spéculation plus loin, on pourrait même admettre, en raison du principe de moindre action, qu'il y a une relation entre le diamètre des pores et l'épaisseur de la membrane en cet endroit, d'une part, et les dimensions, l'épaisseur et la perméabilité de la membrane mince; en d'autres termes que la résistance au passage de la membrane est égale à la somme des résistances des deux pores.

En Allemagne, l'école de M. Sachs surtout, ne veut pas entendre parler de la théorie de M. Bœhm. La théorie tout entière, de même que tous les travaux qui s'y rapportent, sont passés sous silence dans les ouvrages physiologiques de ces savants. Seules quelques phrases dédaigneuses indiquent qu'ils en ont pris connaissance, mais qu'ils ne les jugent pas dignes d'un examen quelque peu approfondi et impartial. Ce n'est pas ainsi qu'on fait de la bonne critique scientifique. Il semble au contraire qu'une erreur, quelque grossière qu'elle soit, puisse devenir utile à la science par les discussions qu'elle provoque et qui peuvent rapidement conduire à la découverte de la vérité. Quand il s'agit d'écrire un livre d'enseignement, les questions non encore résolues doivent être traitées de manière à mettre en regard les opinions opposées, et non à maintenir par un injuste silence le prestige d'une école.

Nous faisons allusion à la Physiologie de M. Pfeffer et à la nouvelle édition du *Traité de Botanique* de M. Sachs, publiée cette fois sous un titre différent. Relevons dans le premier de ces ouvrages un passage singulier où l'auteur, parlant de l'effet d'une élévation rapide de la température, trouve qu'il est une conséquence naturelle de la dilatation de l'air contenu dans les cellules; il admet donc que l'eau pénètre dans ces cellules et qu'elle peut en sortir par suite de différence de pression, comment cela s'accorde-t-il avec la théorie de l'imbibition? — Cette phrase nous paraît être ce qu'on appelle en français « une porte de sortie », et nous verrons que, lorsque la théorie de M. Bœhm sera adoptée partout, les partisans acharnés de l'imbibition affirmeront qu'ils n'ont jamais dit le contraire et qu'il n'y avait qu'un malentendu causé par le langage obscur de M. Bœhm.

La discussion étant arrivée à ce degré d'irritation, il est consolant de voir enfin apparaître en Allemagne un travail de M. Elfving[1] qui

1. Elfving, über die Wasserleitung im Holz. *Bot. Zeit.*, 1882, n° 42.

donne complètement raison à M. Bœhm et qui a été exécuté à l'Institut botanique de l'Université de Strasbourg.

Nous allons en donner un résumé succinct.

1. *Perméabilité du bois de l'If.* On décapite en hiver un rameau d'un à un centimètre et demi de diamètre, et on place une goutte d'eau sur la section fraîche ; l'eau n'est pas absorbée par le bois ; vient-on à détacher de ce rameau un fragment d'une certaine longueur qu'on tient verticalement, il suffit de déposer une goutte d'eau sur la section supérieure pour voir une goutte correspondante apparaître aussitôt à la section inférieure. L'eau circule seulement dans les couches externes du bois, dans l'aubier.

L'une des extrémités d'un rameau semblable, long de quelques centimètres, est engagée dans un tube de caoutchouc. Tout en examinant la section libre à l'aide d'une loupe, on souffle et on aspire alternativement dans le tube. On peut se convaincre aisément par cette simple expérience que la moindre pression suffit pour faire apparaître et disparaître l'eau sur les anneaux périphériques du bois.

La perméabilité du bois est la même pour d'autres liquides, tels que l'alcool, la benzine, l'ammoniaque étendue, l'acide acétique étendu, le sulfure de carbone. Un peu de gomme ajoutée à l'eau rend le passage de ce liquide beaucoup plus difficile.

2. *Chemin parcouru par ces liquides.* Croire que ces liquides se meuvent exclusivement dans l'épaisseur des parois cellulaires, c'est admettre qu'il y a de l'alcool d'imbibition, de la benzine d'imbibition, etc., comme il y a de l'eau d'imbibition.

L'extrémité libre d'un tronçon attaché à son tube de caoutchouc est amincie de manière à ce qu'on puisse l'observer au microscope ; en soufflant et en aspirant alternativement par le tube, on peut voir les bulles d'air enfermées dans les trachéides alternativement diminuer et augmenter de volume.

Après avoir poussé une solution d'éosine à travers un tronçon de deux centimètres de long, on trouve l'aubier coloré en rouge, tandis que le cœur n'a pas changé de couleur.

Une coupe longitudinale du bois ainsi injectée et placée dans l'huile, montre que le liquide coloré a pénétré dans les cavités cellulaires, mais que les parois intactes ne sont pas teintes ; les aréoles des ponctuations sont remplies de liquide rouge et on dirait que les contenus colorés communiquent entre eux par les ponctuations, tant il est difficile d'apercevoir la lamelle séparatrice.

On sait que les ponctuations aréolées des conifères se trouvent sur les deux côtés des trachéides qui regardent les rayons médullaires; un courant dirigé du centre du tronc vers la périphérie n'aura pas de ponctuations à traverser; une autre perpendiculaire à celui-ci rencontre au contraire les ponctuations aréolées. Pour voir si l'eau traverse surtout les ponctuations ou indifféremment toutes les parois des trachéides, il suffira donc de comparer entre elles les filtrations du liquide à travers des cylindres tournés dans l'aubier frais d'un *Abies pectinata* et dirigés 1° dans le sens vertical, parallèle à l'axe, 2° dans le sens radial horizontal, parallèle aux rayons médullaires, 3° dans le sens tangentiel horizontal, perpendiculaire aux rayons médullaires. Tous ces cylindres sont fixés sur la branche courte d'un tube en U contenant une solution d'éosine et dans l'autre branche duquel on verse du mercure. La hauteur de la colonne mercurielle est de 17 centimètres.

Le cylindre longitudinal laisse passer l'eau sans autre pression que le poids d'une goutte placée sur la section supérieure; le cylindre tangentiel est traversé par la solution colorée au bout de deux heures, tandis que le cylindre radial, loin de s'injecter aussi facilement, se dessèche à la section supérieure; vingt-six heures après, trois anneaux seulement avaient laissé pénétrer la solution, les trois supérieurs étaient desséchés et les treize intermédiaires encore humides mais non injectés. Il est donc démontré que l'aubier conduit dans le sens tangentiel, mais non dans le sens radial. Des expériences de M. Sachs avaient d'ailleurs donné le même résultat. Il est facile de comprendre pourquoi le cylindre vertical conduit beaucoup mieux l'eau que le cylindre tangentiel; cela n'est pas surprenant, car les trachéides ont environ deux millimètres de long sur un cinquantième de large; l'eau traversant un cylindre vertical a donc cinq étages à parcourir, tandis qu'elle doit traverser cinq cents parois dans le cylindre tangentiel.

Ces expériences semblent bien indiquer que l'eau passe principalement par les ponctuations.

Les partisans de la théorie de l'imbibition pourraient objecter que les parois cellulaires elles-mêmes conduisent l'eau avec une facilité variable suivant la direction.

3. *Les parois des éléments du bois conduisent-elles l'eau?* Un tronçon d'un rameau d'If est facilement injecté avec du beurre de Cacao fondu à 30 degrés et teint par un peu d'Alcannine; les

cavités cellulaires se montrent partiellement remplies de cette graisse figée et contiennent en outre de nombreuses bulles d'air; de petites gouttelettes attachées encore sur les ponctuations témoignent de la voie que le corps gras a traversée; les parois elles-mêmes sont incolores et ne peuvent avoir souffert en aucune façon à la température de fusion du beurre de Cacao. Ainsi injecté, le tronçon est fixé dans l'une des branches d'un tube en U contenant de l'eau. On a ainsi constaté qu'une colonne de 60 centimètres de mercure n'a pas fait couler d'eau à l'extrémité libre du rameau. Il n'est pas possible de conclure autre chose que la non-conductibilité des membranes pour l'eau, du moins dans le sens vertical,

4. *Imperméabilité des membranes des trachéides pour l'air.* Un tronçon d'un rameau d'If qui laisse écouler de l'eau à la faible pression d'un millième d'atmosphère (1 centimètre d'eau), reste absolument imperméable à l'air à la pression de 20 centimètres de mercure. Les plus faibles différences de pression entre les bulles d'air des trachéides, suffisent pour faire affluer l'eau vers l'endroit de la plus faible pression.

5. *Rôle éventuel des aréoles.* Un rameau injecté d'éosine, séché à l'air, est fendu et une coupe longitudinale est observée au microscope, sous l'huile. On voit des conglomérations de matière colorante déposées dans l'aréole des ponctuations; il est infiniment probable que la liqueur colorée a été retenue dans les aréoles, alors que tout le reste, contenu d'abord dans les cavités cellulaires, a été appelé à la surface; il est permis d'admettre que, par ce pouvoir de retenir de l'eau, ces petits espaces lenticulaires préservent la membrane séparatrice de la dessiccation.

Des expériences analogues sur des rameaux injectés de beurre de Cacao, appartenant à des plantes monocotylées et dicotylées très diverses, ont toutes conduit à ce même résultat, que les membranes cellulaires seules ne conduisent pas l'eau.

L'auteur termine son mémoire par quelques considérations sur la structure des ponctuations et la raison de l'épaississement particulier des vaisseaux annelés et spiralés. Il se borne à dire au sujet de ces derniers que les anneaux et les spirales contribuent essentiellement à maintenir ces tubes ouverts, à les protéger contre l'écrasement par les éléments environnants. Nous pensons pour notre part que les vaisseaux ponctués sont autrement bien protégés contre l'écrasement que les vaisseaux annelés à anneaux

très écartés et spiralés énormément déroulés qu'on trouve dans la partie voisine de la moelle, et que la forme spiralée et annelée de l'épaississement est la seule possible dans un vaisseau à parois épaissies qui doit céder à l'élongation des jeunes organes. Nous avons toujours vu les vaisseaux et cellules spiralées, de quelque nature morphologique qu'elles soient, naître dans les organes avant leur élongation ou leur accroissement complet. C'est pour cette raison que les trachées sont d'autant plus déroulées qu'elles sont plus anciennes.

---

## CULTURE COMPARÉE AUX ENGRAIS CHIMIQUES

### ET AU FUMIER DE FERME

PAR

L. GUILLAUME

Directeur de l'École d'horticulture des pupilles de la Seine à Villepreux (Seine-et-Oise).

L'année dernière après une suite d'expériences sur différentes cultures, nous avions conclu que l'addition de phosphates dans une terre très pauvre en acide phosphorique n'était pas assez avantageuse pour en conseiller l'emploi, car la dépense n'était pas couverte[1].

Nous avions pris l'engagement avant de trancher définitivement

**Ferme de Haraucourt. — Culture du blé.**

BLÉ DE BORDEAUX.

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT EN PAILLE. | RENDEMENT EN GRAINS. |
|---|---|---|---|
| | | kil. | hectol. |
| 1 | Témoin (sans engrais)..... ........... | 5050 | 19.43 |
| 2 | 15 000 kil. fumier de ferme............ | 5200 | 20.14 |
| 3 | 15 000 kil. fumier de ferme et 1000 kil. phosphate ...... .................. | 5800 | 21.18 |
| 4 | 15 000 kil. fumier de ferme et 1000 kil. superphosphate .................... | 6000 | 23.96 |

1. *Ann. agron.*, tome VII, p. 590.

la question de rechercher si l'emploi des superphosphates n'exerceraient pas une influence plus favorable.

Aujourd'hui donc nous venons rendre compte de nos essais à cet égard et, toujours pour faciliter la lecture de notre travail, nous consignons dans des tableaux les résultats obtenus sur notre terre de Haraucourt (Ardennes) et à notre établissement de Villepreux.

CULTURE DE L'AVOINE.

(Avoine jaune de Flandre.)

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT EN PAILLE. | RENDEMENT EN GRAINS. |
|---|---|---|---|
| | | kil. | hectol. |
| 5 | Témoin (sans engrais) ................ | 5000 | 61.35 |
| 6 | 15000 kil. fumier de ferme............ | 5850 | 72.50 |
| 7 | 15000 kil. fumier de ferme et 1000 kil. de phosphate...................... | 6000 | 74.25 |
| 8 | 15000 kil. fumier de ferme et 1000 kil. de superphosphate.................. | 6300 | 75.00 |

Pour ces deux cultures, nous constatons bien une augmentation de récolte, mais la dépense n'est pas couverte et nous concluons qu'il y a lieu de s'en tenir à une fumure au fumier de ferme.

CULTURE DU MAÏS FOURRAGE.

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|
| | | kil. | |
| 9 | Témoin ............................. | 37 200 | Semé en ligne |
| 10 | 15000 kil. fumier de ferme............ | 55 200 | le 20 avril, coupé |
| 11 | 15000 kil. fumier de ferme et 1000 kil. de phosphate..................... | 55 200 | en vert le |
| 12 | 15 000 kil. fumier de ferme et 1000 kil. superphosphate.................... | 61 200 | 15 août. |

Si nous nous reportons au chiffre de l'année dernière, nous trouvons pour toutes les parcelles un rendement beaucoup plus élevé, mais en 1881 nous avons eu de la sécheresse, tandis qu'en 1882 nous nous sommes trouvés en présence d'une humidité constante très favorable au développement du maïs; pour la parcelle n° 12 les superphosphates ont puissamment agi, tandis que les phosphates fossiles sur le n° 11 ont accusé exactement le même chiffre que le fumier.

CULTURE DES POMMES DE TERRE.

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT BRUT. | MALADES. | RENDEMENT NET. |
|---|---|---|---|---|
| | | kil. | kil. | kil. |
| 13 | Témoin.... ................ | 18 000 | néant | 18 000 |
| 14 | 15000 kil. fumier de ferme... | 19 000 | 1000 | 18 000 |
| 15 | 15000 kil. fumier de ferme et 1000 kil. phosphate........ | 18 200 | 1200 | 17 000 |
| 16 | 15000 kil. fumier de ferme et 1000 kil. superphosphate... | 18 200 | 350 | 17 850 |

La maladie qui a sévi avec intensité par suite de l'année pluvieuse, a été nulle dans la parcelle n° 13 sans engrais; en 1881 nous avions fait la même remarque; les parcelles 15 et 16 ont donné un rendement moins élevé et déjà, l'année dernière, pour les phosphates, nous avions trouvé un déficit comparé au fumier et au témoin. Cette influence fâcheuse du fumier sur la culture des pommes de terre dans les années humides a déjà été observé souvent, notamment au champ d'expériences de Grignon. Il est à remarquer que nous arrivons pour cette culture aux mêmes conclusions que M. Dehérain, qui en résumant ses recherches, ayant porté sur cinq années de culture, était arrivé à reconnaître qu'il est en général avantageux de cultiver la pomme de terre sans faire aucune dépense d'engrais.

L'année dernière nous avions essayé la betterave Vilmorin améliorée, mais en raison de son faible rendement, nous l'avons abandonnée en 1882, pour adopter la betterave de Silésie à collet rose, généralement cultivée dans le département des Ardennes, la parcelle

en superphosphate a donné le meilleur rendement tandis que celle en phosphate n'a élevé que très peu le rendement avec le fumier.

### Culture des betteraves.

BETTERAVES DE SILÉSIE A COLLET ROSE.

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT. |
|---|---|---|
| | | kil. |
| 17 | Témoin | 38400 |
| 18 | 15000 kil. fumier de ferme | 40400 |
| 19 | 15000 kil. fumier de ferme et 1000 kil. phosphate.. | 41200 |
| 20 | 15000 kil. de ferme et 1000 kil. superphosphate.... | 45000 |

Nous sommes en présence de deux années de recherches et nous fournissons un nouvel exemple à ajouter à ceux qu'ont déjà donnés MM. Dehérain, Corenwinder, Pagnoul et Ladureau d'une terre anciennement fumée sur laquelle l'influence des engrais phosphatés même à l'état de superphosphates est presque nulle et sur laquelle la dépense n'est pas couverte par le supplément de récolte obtenu.

Nous concluons pour notre localité seulement, mais nous ne dirons pas qu'une autre terre pauvre en acide phosphorique ne bénéficierait pas des engrais phosphatés; en physiologie végétale, il faut tenir compte d'une foule de circonstances, de causes, dont les effets ne sont pas encore bien connus et nous répétons qu'il est de toute nécessité de multiplier les champs d'essais pour avoir des données générales.

### Champ d'expériences de l'École d'horticulture de Villepreux.

Dans un établissement d'enseignement comme le nôtre nous avons cru utile de consacrer une parcelle de notre terrain à l'étude comparée des engrais chimiques et du fumier de ferme, nous avons voulu, à côté de l'horticulture, donner à nos jeunes élèves des notions d'agriculture, car à notre avis, les deux branches de l'industrie agricole sont intimement liées.

La terre sur laquelle ont porté les essais est légèrement calcaire,

elle fait effervescence avec les acides elle renferme $2^{gr},04$ d'azote par kilo.

Nos études ont porté sur le blé, l'avoine, le maïs, les betteraves, les pommes de terre et le sogina, nous exposons les résultats dans les tableaux suivants.

CULTURE DU BLÉ.

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT EN PAILLE. | RENDEMENT EN GRAINS. |
|---|---|---|---|
| | | kil. | hect. |
| 1 | Témoin........................ | 4050 | 32.20 |
| 2 | 15000 kil. fumier de ferme....... | 4500 | 33.25 |
| 3 | 1000 kil. phosphate.............. | 4600 | 33.75 |
| 4 | 10000 kil. superphosphate........ | 4850 | 33.85 |
| 5 | 500 kil. azotate de soude.......... | 4200 | 33 |

CULTURE DE L'AVOINE (AVOINE NOIRE.)

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT EN PAILLE. | RENDEMENT EN GRAINS. |
|---|---|---|---|
| | | kil. | hect. |
| 6 | Témoin..................... ... | 3600 | 53.55 |
| 7 | 15000 kil. fumier de ferme....... | 4200 | 55.75 |
| 8 | 1000 kil. de phosphate........... | 5000 | 56.00 |
| 9 | 1000 kil. superphosphate......... | 5050 | 55.33 |
| 10 | 500 kil. azotate de soude......... | 5150 | 55.10 |

Pour le blé ou l'avoine les rendements sont partout avantageux, les parcelles qui ont reçu des phosphates ne montrent aucune supériorité.

Par suite de l'année pluvieuse, les rendements en maïs ont été énormes, les carrés offraient un aspect imposant, surtout dans la parcelle en fumier ou les maïs avaient atteint une hauteur de $2^m$ 74; — on arrive donc à se convaincre que l'élément de préférence

du maïs fourrage est la matière ulmique et que le fumiers de ferme augmente beaucoup plus la récolte du maïs fourrage que ne le font les engrais chimiques. C'est encore à cette conclusion qu'on était arrivé à Grignon et les lecteurs des *Annales* ont encore présents à l'esprit la photographie publiée dans le tome VI, page 79, et qui donnait l'idée des différences observées par l'emploi du fumier et par celui des engrais chimiques sur la culture du maïs fourrage.

CULTURE DU MAIS FOURRAGE.

| NUMÉROS D'ORDRE. | DESIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|
| | | kil. | |
| 11 | Témoin...................... | 55.000 | |
| 12 | 15000 kil. fumier de ferme.... | 100.000 | |
| 13 | 1000 kil. de phosphate...... . | 65.000 | |
| 14 | 1000 kil. superphosphate....... | 67.000 | |
| 15 | 500 kil. azotate de soude...... | 82.000 | |

CULTURE DES BETTERAVES FOURRAGÈRES MAMMOUTH.

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT. |
|---|---|---|
| | | kil. |
| 16 | Témoin........... ..................... | 80.000 |
| 17 | 15000 il. de fumier.................... | 100.000 |
| 18 | 100 kil. phosphate...................... | 111.000 |
| 19 | 100 kil. superphosphate.................. | 110.000 |
| 20 | 500 kil. azotate de soude................ | 155.000 |

Pour les pommes de terre, les engrais phosphatés ont eu une influence très marquée comme rendement et semblent en outre avoir atténué les effets de la maladie.

CULTURE DES POMMES DE TERRE.

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT BRUT. | MALADES. | RENDEMENT NET. |
|---|---|---|---|---|
| | | kil. | kil. | kil. |
| 21 | Témoin.................... | 26700 | 4610 | 22050 |
| 22 | 15 000 kil. fumier de ferme.. | 26500 | 4450 | 22050 |
| 23 | 1000 kil. phosphate......... | 27750 | 3000 | 24750 |
| 24 | 500 kil azotate de soude..... | 18530 | 2800 | 14630 |
| 25 | 1000 kil. superphosphate.... | 32279 | 2520 | 30770 |

Les graines de cette plante fourragère cultivée en Italie, nous ont été envoyées par la Société d'acclimatation, les essais ont été très heureux comme on le voit dans les parcelles aux engrais phosphatés,

CULTURE DU SOGINA.

| NUMÉROS D'ORDRE. | DÉSIGNATION DES ENGRAIS. | RENDEMENT. |
|---|---|---|
| | | kil. |
| 26 | Témoin................................ | 80.000 |
| 27 | 15 000 kil. fumier de ferme............. | 100.000 |
| 28 | 1000 kil. phosphate.................... | 111.000 |
| 29 | 1000 kil. superphosphate................ | 111.000 |
| 30 | 500 kil. azotate de soude................ | 90.000 |

c'est un fourrage qui semble pouvoir rivaliser avec le maïs pour l'alimentation du bétail. Nous avons soumis à l'analyse des échantillons pris dans la parcelle en azotate de soude et dans le témoin et nous n'avons trouvé trace de nitrate de soude ni dans l'un ni dans l'autre.

Dans cette série d'expériences exécutées à notre établissement de Villepreux nous avons eu pour but, non seulement de connaître notre sol, mais surtout d'initier nos pupilles à la culture raisonnée; l'année prochaine, nos études se porteront principalement sur les plantes potagères.

# TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

---

## Contributions à la connaissance de la respiration des végétaux.

PAR M. E. GODLEWSKI [1].

L'auteur se propose de répondre aux deux questions suivantes : 1° Quelle est l'influence de la pression partielle de l'oxygène sur la respiration ? 2° Quels sont les rapports des volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique émis pendant les différentes phases de la germination des graines grasses et des graines amylacées ?

L'appareil qui a servi dans ces recherches, est une modification simplifiée de celui de M. A. Mayer. Il consiste en un ballon d'environ 400 centimètres cubes dont le goulot est fermé par un bouchon traversé par deux tubes ; le premier de ces tubes est coudé à angle droit et effilé à son extrémité, le second, coudé deux fois, est calibré et pourvu d'une échelle millimétrique ; son extrémité libre, descendant verticalement, plonge dans un godet rempli de mercure. Au bouchon est attachée une petite éprouvette contenant une solution de potasse pure. Lorsque les plantes respirent, l'acide carbonique est absorbé par la potasse, le volume du gaz diminue et le mercure monte dans le tube gradué ; la longueur de la colonne soulevée permet de calculer le volume d'oxygène absorbé. Pour déterminer celui de l'acide carbonique émis, on ouvre le ballon, on retire l'éprouvette à potasse et on en verse le contenu dans une éprouvette ; cette liqueur étendue d'eau est traitée par le chlorure de baryum dilué ; le carbonate de baryte recueilli sur un filtre est lavé, calciné et pesé.

Les causes d'erreur qui résultent de l'emploi de cet appareil sont assez nombreuses.

1° La contenance considérable du ballon nécessite des lectures très minutieuses du thermomètre et du baromètre.

2° Il est difficile, quoique le col soit marqué d'un trait de repère d'enfoncer le bouchon toujours jusqu'au même point, par conséséquent, d'opérer toujours sur la même quantité de gaz. Il semble impossible, en outre, de fixer exactement le volume des graines, du coton ou du papier buvard, sur lesquels elles devaient germer.

1. Beiträge zur Kenntniss der Pflanzenathmung, Jahrb. f. wiss. Bot. de Pringsheim, t. XIII, fasc. 3.

3° Avant de commencer les lectures sur le tube gradué il faut attendre que l'appareil se soit mis en équilibre de température avec l'air ambiant. La diminution du volume de l'oxygène correspond donc au temps qui s'est écoulé entre la première et la dernière lecture, tandis que le dégagement de l'acide carbonique, depuis le moment où l'appareil a été fermé et celui de la dernière lecture, a duré plus longtemps; cette différence de durée est ordinairement de 30 à 45 minutes. Cette erreur exige une correction qui n'est possible que lorsque l'intensité de la respiration ne varie pas pendant toute la durée de l'expérience. Supposons que la première et la dernière lecture ont été faites à vingt-quatre heures d'intervalle, que pendant ce temps les plantes ont absorbé 18 centimètres cubes d'oxygène, qu'enfin le dégagement de l'acide carbonique ait duré vingt-quatre heures trente minutes; nous pouvons calculer la quantité d'oxygène absorbé en vingt-quatre heures et demie par la proportion suivante :

$$24 : 18 = 24{,}5 : x; \text{ d'où } x = 18{,}37 \text{ centimètres cubes}$$

Nous pouvons passer sous silence quelques autres causes d'erreur de moindre importance et notamment celles qui dépendent du procédé de dosage de l'acide carbonique.

### I. — Respiration des graines grasses en germination.

1. *Rapport entre l'oxygène absorbé et l'acide carbonique émis.* — On sait, depuis de Saussure, que les graines grasses dégagent, en germant, un volume d'acide carbonique notablement inférieur à celui de l'oxygène absorbé. En effet, dans ces graines l'oxygène sert à brûler non un hydrate de carbone dont l'oxygène suffit exactement à la combustion de l'hydrogène, mais un corps gras beaucoup moins oxygéné. Il faudra donc, dans ce cas, de l'oxygène, non seulement pour brûler le carbone, mais encore pour oxyder l'hydrogène. En admettant que ce corps gras est la Trioléine, nous aurons l'égalité :

$$C^{57}H^{104}O^6 + 80\,O^2 = 57\,CO^2 + 52\,H^2O$$

qui nous montre que pour 80 molécules d'oxygène absorbé, il n'y aurait que 57 d'acide carbonique émis.

Mais nous savons que, pendant la germination, l'oxygène atmosphérique ne se contente pas de brûler des corps gras; il en oxyde une partie pour former des hydrates de carbone, M. Sachs a montré, en 1859, par des procédés microchimiques, qu'il se forme de l'a-

midon aux dépens de la graisse. M. Peters[1] de son côté, a fait voir que dans la graine du potiron, la quantité des corps gras diminue à mesure qu'il apparaît de l'amidon, du glucose et de la dextrine. Il résulte en outre des recherches de M. Hellriegel[2] et de M. Detmer[3] que la quantité de l'oxygène contenu dans les jeunes plantes est plus élevée que celle qui existe dans les graines, et cela non seulement d'une manière relative, mais encore d'un manière absolue.

On peut prévoir, d'après ces données, que le rapport O : $CO^2$ dépendra des trois conditions suivantes :

1° De la quantité de graisse complètement oxydée en eau et en acide carbonique.

2° De celle qui est transformée en hydrates de carbone.

3° De celle des hydrates de carbone nouvellement formés qui participent à la respiration.

Les expériences de M. Godlewski prouvent que ce rapport varie suivant la période de la germination.

Dans la première période, celle du gonflement qui, à la température de 15-20°, dure environ deux jours, le rapport O : $CO^2$ est sensiblement égal à 1. Il faut donc croire que pendant cette période la respiration se fait, non aux dépens des graisses, mais d'un autre corps de la composition des hydrates de carbone. Ce n'est que lorsque la petite quantité de ce corps est épuisée que les graisses commencent à s'oxyder.

La plupart de ces essais ont eu pour objet les graines du radis : l'un d'eux a donné un résultat fort différent ; les graines ont dégagé beaucoup plus d'acide carbonique qu'elles n'ont pris d'oxygène; l'auteur attribue cette anomalie à l'entassement des graines trop nombreuses, de sorte que quelques-unes d'entre elles étaient privées d'oxygène et qu'il s'y est établi une respiration intra-moléculaire.

La deuxième période, celle de la formation transitoire de l'amidon est caractérisée par une absorption croissante de l'oxygène. Le troisième ou le quatrième jour de la germination (pour le radis, le chanvre, le lin, la luzerne) il ne se dégage que 60 volumes d'acide carbonique pour 100 volumes d'oxygène absorbé. Ce rapport se maintient à peu près constant pendant les quatre à six jours suivants quelque soit le milieu ambiant, oxygène pur ou air. C'est pendant

1. Zur Keimungsgeschichte, etc. Landw. Versuchsst., 1861.
2. Journ. f. prakt. Chemie, LXIV, p. 102.
3. Vergleich. Physiol. des Keimungsprocesses, 1880, p. 261.

cette période que la plus grande partie de la graisse est employée et qu'il se forme le plus d'amidon transitoire.

Ce rapport si constant de 100 : 60 nous permettra de nous faire une idée des transformations chimiques qui se produisent pendant cette phase de la germination des graines grasses.

60 volumes d'acide carbonique dégagé pendant la combustion totale de la trioléine, n'exigent que 84, 2 volumes d'oxygène; 15,8 volumes restent donc dans la jeune plante et servent sans doute à transformer des corps gras en hydrates de carbone. Il nous sera également facile de calculer combien de la graisse disparue a été brûlée en eau et en acide carbonique et combien d'un autre côté, a été transformée en amidon.

L'égalité suivante correspond exactement à notre rapport :

$$C^{57}H^{104}O^6 + 56O^2 = 4C^6H^{10}O^5 + 33CO^2 + 32H^2O$$

car

$$CO^2 : O = 33 : 56 = 59 : 100$$

Or, M. Müntz[1] a montré qu'avant de se transformer en hydrates de carbone, les corps gras se dédoublent en acides gras libres et en glycérine; celle-ci ne persiste pas dans la plante, mais se transforme en substances indéterminées. En tenant compte de cette particularité nous pouvons nous représenter ces transformations de la manière suivante :

$$(C^{18}H^{33}O.O)^3\,C^3H^5 + 3H^2O = 3C^{18}H^{34}O^2 + C^3H^8O^3$$
$$3C^{18}H^{34}O^2 + 52\,{}^1/_2O^2 = 4C^6H^{10}O^5 + 30\,CO^2 + 31H^2O$$

d'où les rapports :

$$CO^2 : O = 30 : 52{,}5 = 57{,}1 : 100$$

relation de volumes qui s'est présentée bien souvent dans les expériences.

Ces égalités permettent de calculer que 100 parties de matière grasse disparue pendant la germination donnent 73 d'amidon et 10, 4 de matières provenant de la glycérine. Ces considérations s'accordent bien avec les analyses que nous devons à M. Detmer et qui portent sur les graines et les jeunes plantes du chanvre après sept jours de germination.

Dans la troisième période de la germination des graines grasses, l'amidon nouvellement formé commence à servir en partie à la formation de cellulose.

1. *Ann. de Chimie et de Physique*, sér. IV, t. CXII, p. 472.

Les analyses déjà citées de M. Detmer[1] prouvent, qu'il se forme pendant cette phase, des quantités notables de cellulose, mais ces quantités sont moindres que celles de l'amidon disparu, preuve qu'une partie de ce corps a été brûlé. Dès le commencement de cette période le dégagement de l'acide carbonique augmente de telle sorte que vers le dixième jour le rapport $CO^2 : O$ n'est pas éloigné de 1 ; ceci indique que la respiration ne porte plus guère que sur les hydrates de carbone.

La luzerne dont la graine renferme à la fois de la graisse et de l'amidon, se montre effectivement intermédiaire entre les graines grasses et les graines amylacées : les oscillations du rapport $CO^2 : O$ sont encore sensibles, mais bien moins fortes que pour les graines grasses proprement dites.

2. *Influence de la pression partielle de l'oxygène sur l'intensité et la nature de la respiration a. Augmentation de la pression de l'oxygène.* — Après avoir rappelé les expériences de M. P. Bert[2] de M. Bœhm[3] de M. Rischani[4] et enfin de MM. Dehérain et Moissan[5], qui toutes tendent à prouver que l'augmentation de la pression partielle de l'oxygène est nuisible au développement des plantes, et que l'intensité de la respiration n'est pas beaucoup plus grande dans l'air surchargé d'oxygène que dans l'air pur, l'auteur montre que, dans quelques cas, l'excès de l'oxygène exerce une influence accélératrice sur la respiration, surtout au début, mais que plus tard le contraire a lieu, c'est-à-dire, que ces plantes respirent moins que dans l'air.

Des expériences spécialement faites dans le but d'éclairer cette question, sur des graines de radis, ont montré que dans l'oxygène pur ces graines en germination dégagent beaucoup plus d'acide carbonique que dans l'air. La différence est très considérable : au lieu de 55 milligr. d'acide carbonique dégagé dans l'air pendant 48 heures, on a trouvé 176 milligrammes.

M. Borodin[6] est arrivé à des résultats analogues en opérant sur des rameaux de l'Amelanchier.

D'une manière générale et en tenant compte de toutes les re-

1. L. c.
2. C. r., t. 76, p. 1493.
3. Sitzungsb. d. Akad. d. Wiss. in Wien, t. 68.
4. Landw. Vers. — Stat, t. 19, p. 321.
5. *Ann. sc. nat.*, t. 19, 5e série.
6. *Bot. Zeit.*, 1881, n° 8.

cherches faites dans ce sens, il faut croire que l'effet de la suroxygénation est variable suivant la nature de l'organe, son stade de développement, la durée de l'expérience et la pression partielle de l'oxygène.

Quant au rapport $CO^2$; O, il ne dépend nullement de la pression de l'oxygène.

*b. Influence de la diminution de la pression partielle de l'oxygène.* — Lorsqu'une plante est enfermée dans de l'air confiné, l'intensité de la respiration va toujours en diminuant. Cet abaissement de l'énergie respiratoire est dû uniquement à la diminution de la quantité d'oxygène car : 1° la première intensité de la respiration revient si on change l'air de l'appareil; 2° cette diminution ne se montre jamais lorsqu'on remplace l'air par de l'oxygène pur. Cette fois encore le rapport $CO^2$; O n'est pas altéré; ce n'est que lorsque la pression de l'oxygène tombe au-dessous d'un certain minimum que la respiration normale est remplacée par la respiration intramoléculaire. Ce fait est plus important qu'on ne le croirait à première vue. Considérant ces deux espèces si différentes de la respiration végétale, on serait tenté de croire (et plusieurs auteurs, Pfeffer, Wortmann, Detmer, l'ont fait) que la véritable respiration est la respiration intramoléculaire, dans laquelle se dégage de l'acide carbonique en même temps qu'il se forme de l'alcool et que l'oxygène exerce une simple influence secondaire, en oxydant l'alcool en acide et en eau (Pfeffer) ou, avec addition d'eau, en isomères de l'acide acétique qui redonneraient des hydrates de carbone par polymérisation.

Si ces hypothèses étaient vraies, la pression partielle de l'oxygène devrait influencer le rapport $CO^2$ : O et on ne devrait pas observer ce passage en quelque sorte brusque de la respiration normale à la respiration intramoléculaire. Il est du reste inexact que cette dernière ne donne lieu qu'à la formation d'alcool : il n'est pas possible d'expliquer autrement que par la respiration intramoléculaire, la formation des corps gras et d'autres produits peu oxygénés.

### II. — Respiration des graines amylacées en germination.

Lorsqu'on a soin d'éviter la respiration intramoléculaire qui se manifesterait, par exemple, si les graines étaient immergées dans l'eau, on voit que pour le blé et les pois, le rapport $CO^2$ : O reste à

peu près constant. Les oscillations sont assez faibles : le blé absorbe au début plus d'oxygène qu'il ne dégage d'acide carbonique.

La respiration du blé et du pois est fortement accélérée lorsqu'on augmente la pression partielle de l'oxygène, mais la quantité d'oxygène prise est en général plus grande que celle de l'acide carbonique émis[1] lorsqu'on a fait gonfler les graines dans l'eau; il faut croire que pendant ce gonflement les méats intercellulaires bouchés par de l'eau, ne permettent pas le facile accès de l'air au centre de la graine et qu'une partie de celle-ci respire à l'abri de l'oxygène. Introduites dans l'oxygène pur, ces graines échangent immédiatement leur respiration intramoléculaire contre la respiration normale. On évite toutes ces irrégularités en faisant gonfler les graines au libre contact de l'air.

## III

M. Godlewski termine son mémoire par quelques séries d'expériences sur la respiration des boutons à fleurs du pavot, les jeunes capsules du ricin et du pavot. — La respiration des capsules du ricin pendant la maturation des graines oléagineuses est particulièrement intéressante. Le rapport $CO^2 : O$ pendant deux jours, a été de 128 : 100, en quantités absolues de 19, 58 cc. : 15, 29 cc.

Il est donc évident que la graisse se forme par réduction aux dépens de l'amidon.

Avec les jeunes fruits du pavot, on obtient un rapport plus grand encore. En moins de trois jours, deux jeunes capsules ont dégagé 36, 63 cc. d'acide carbonique et absorbé 23, 96 cc. d'oxygène. Le rapport $CO^2 : O$ est égal à 152 : 100[2].

1. Comparez avec les résultats obtenus par MM. Dehérain et Landrin : *Ann des sciences natur.*, 5e série, tome XIX, p. 358.

2. Dans une note plus récente (*Bot. Zeit.*, 1882, col. 803) M. Godlewski décrit un nouvel appareil qui lui permet de maintenir constante la composition de l'air confiné dans lequel respirent les plantes. La quantité d'oxygène absorbée par la plante est automatiquement remplacée par une nouvelle partie de ce gaz venant d'un endiomètre, ce résultat est obtenu d'une manière aussi simple qu'ingénieuse, mais il nous serait difficile de donner sans figures une description intelligible de cet appareil. Nous sommes donc obligés de renvoyer le lecteur à l'original où il trouvera des figures si claires qu'il en comprendra facilement le fonctionnement sans être familiarisé avec la langue allemande.

# REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Nous désirons rendre cette *Revue* aussi complète que possible et nous serions reconnaissants aux agronomes qui publient leurs travaux dans des recueils qui ne nous parviendraient pas, de nous envoyer (63 rue le Buffon) un exemplaire des tirages à part, ou un numéro du recueil dans lequel le travail sera inséré.

P.-P. D.

## Physiologie végétale.

M. LEPLAY (comptes-rendus, novembre 1882 et décembre 1882), adresse à l'Académie plusieurs communications sur le développement des betteraves et du maïs.

M. RISLER (comptes-rendus, 11 décembre 1882) adresse une communication intéressante sur la végétation du blé à Calève. D'après le savant directeur de l'Institut agronomique, le blé ne se développe que si la température à l'ombre est supérieure à 6° : il lui faut en moyenne, pour mûrir son épi, 165 jours de végétation à température convenable, et une somme de degrés thermonétriques égale, pour toute cette période, à 2134° environ; les variations sont assez faibles d'une année à l'autre, cependant les meilleures récoltes paraissent toujours correspondre aux plus fortes sommes de températures.

M. CORENWINDER (séance du 26 décembre 1882) rend compte de quelques observations intéressantes qu'il a eu occasion de faire sur la culture de la betterave.

Quelques racines ayant été repiquées dans des pots contenant, soit du sable exempt de matières organiques, soit du terreau, on en fit l'analyse le 4 novembre, au moment de la récolte.

La betterave cultivée dans du sable s'est montrée la plus riche, mais celle qui avait vécu dans le terreau contenait, à cause de son poids considérable, beaucoup plus de sucre que toutes les autres.

M. Corenwinder conclut de ces observations que, si la betterave est capable de former du sucre uniquement avec l'acide carbonique de l'air, lorsqu'elle ne rencontre pas de matières organiques dans le sol, elle peut aussi, probablement, se nourrir de celles-ci, et puiser du carbone à la fois dans l'air et dans le sol lorsque celui-ci a été fortement fumé.

*Transformation à basse température de l'amidon en matière sucrée dans les plantes*, par le Dr HERMANN MULLER-THURGAU[1]. — On admet généralement que c'est la congélation qui rend les pommes de terre sucrées; c'est une erreur, car il suffit de soumettre les pommes de terre à une basse température, sans qu'il y ait congélation, pour y développer du sucre. Si même on fait geler brusquement les tubercules on n'y produit pas de sucre; il faut pour qu'il se produise qu'il arrive lentement à la congélation. Dans les deux cas, la température s'est abaissée à — 3°. Il suffit de laisser les tubercules entre une température de — 1° et — 2° pendant quinze jours pour y développer 2 p. 100

1. *Biedermanns Centralblatt*, 4e année, fascicule XII.

de sucre. Si on les laissait ensuite se geler, la quantité de sucre n'augmenterait pas.

Deux phénomènes se passent en même temps dans les cellules à fécule des plantes : l'un est la transformation de l'amidon en glycose, l'autre, la combustion du glycose par le protoplasma.

A une basse température, la transformation chimique de l'amidon en glycose se fait encore; mais la vie du protoplasma est ralentie, la respiration en est arrêtée, il ne brûle plus de sucre. La cellule fabrique plus de sucre qu'elle n'en consume; il faut donc qu'il s'accumule.

La présence de beaucoup d'eau dans les tubercules favorise la formation du sucre; en même temps qu'on voit se former le sucre, on peut constater la disparition de l'amidon.

L'auteur a pu reconnaître qu'à ces températures voisines de 0°, non seulement la combustion du sucre diminue, mais qu'il y a en outre une augmentation dans la quantité d'amidon convertie en glycose; il y a là un ferment, dans le genre de la diastase, que le froid laisse s'accumuler dans la plante, et dont l'action devient alors plus énergique.

Le sucre qui est accumulé dans les pommes de terre à la température voisine de 0° disparaît avec la température. Des tubercules qui en 32 jours et à 0° s'étaient chargés de 2, 5 0/0 de sucre, n'en contenaient plus que 0, 4 0/0 après un séjour de 6 jours dans une température de 20°.

Les pommes de terre déjà sucrées, mises à une température de 2°, respirent bien plus énergiquement que celles qui n'étaient pas sucrées. On est arrivé à constater les mêmes différences sur les feuilles qui contiennent de l'amidon. Dans l'avenir, on sera donc obligé de tenir compte, dans les recherches sur la respiration, de la température qui régnait avant l'expérience.

## Physiologie pathologique.

*Mal rouge des porcs.* — M. Pasteur annonce à l'Académie (séance du 4 décembre 1882) que le mal rouge des porcs, si désastreux cette année pour les départements de la vallée du Rhône, est causé par un microbe spécial, extrêmement ténu, et voisin, par sa forme, du microbe du choléra des poules. M. Pasteur a réussi à atténuer la virulence de ce microbe, et il semble que sous cette forme il constitue un vaccin capable de préserver les animaux des atteintes d'un virus ordinairement mortel. Il y aurait donc là quelque chose d'analogue à ce qui est maintenant établi pour la bactéridie charbonneuse, et si cette première observation se vérifie. M. Pasteur aura une fois de plus droit à la reconnaissance de l'agriculture, qu'il a déjà si heureusement et si utilement servie.

*Vaccinations contre le charbon.* — Le 18 décembre 1882, M. Pasteur communique à l'Académie les conclusions du rapport publié récemment par la Société vétérinaire et agricole de Chartres au sujet de la vaccination préventive des animaux contre le charbon.

En 1882, on a vacciné, dans le seul département d'Eure-et-Loir, 80 000 moutons, 4 000 à 5 000 bœufs ou vaches et 500 chevaux environ. La perte des ani-

maux qui s'élève, en moyenne à 9 p. 100 dans la contrée s'est trouvée réduite à 0,65 p. 100 : il est vrai de dire que, par suite de l'humidité excessive, l'année n'était pas favorable au développement de la bactéridie charbonneuse.

Dans les troupeaux qui ont été vaccinés en partie, il y a eu 2308 vaccinés et 1659 non vaccinés; sur les premiers on compte 8 morts, soit 0,4 pour 100; sur les seconds la mortalité a été de 60, soit 3,9 pour 100. Les moutons vaccinés et non vaccinés étaient soumis aux mêmes conditions de sol, de logement, de nourriture et de température; ils ont subi des influences rigoureusement identiques, et les différences ne peuvent être imputées qu'à la vaccination préventive.

Dans l'espèce bovine les résultats sont aussi satisfaisants : la perte a été de 0,24 pour 100 au lieu de 7,03, avant la vaccination.

M. Pasteur fait observer que l'efficacité de sa méthode, rendue évidente par les chiffres qui précèdent, ne peut que s'accroître encore; en effet, les vaccins sont chaque jour mieux connus, mieux préparés, et bientôt il n'y aura plus un seul accident dû à la vaccination elle-même. Depuis six semaines on a vacciné 13000 moutons, 3500 bœufs, 20 chevaux, et aucun d'eux n'a péri. Tous ceux qui ont été soumis à l'expérience se montrent absolument rebelles à l'égard des virus charbonneux les plus virulents.

Il est donc à espérer que, la maladie n'étant jamais spontanée, on arrivera bientôt à la faire disparaître, et que dans peu de temps les affections charbonneuses ne seront plus qu'un souvenir.

MM. Straus et Chamberland ont observé (*Comptes rendus*, 18 décembre) que, contrairement à ce qui était admis jusqu'à ce jour, la bactéridie charbonneuse peut passer du sang maternel au sang fœtal; il a été possible, en effet, d'obtenir des cultures du microbe virulent en semant dans du bouillon de veau stérile quelques gouttes de sang d'un fœtus pris sur une femelle de cobaye contaminée, en s'entourant de toutes les précautions qu'exige une expérience aussi délicate.

### Phylloxera.

M. Valery Mayet envoyé récemment en mission dans les vignobles phyloxérés de la Suisse, expose, dans une lettre adressée à M. Dumas, secrétaire perpétuel de l'Académie, les moyens qu'emploie l'autorité pour combattre dans cette contrée l'invasion du terrible parasite. Partout où une tache apparaît la vigne devient momentanément propriété de l'état, et celui-ci se charge du traitemens extinctif, lequel consiste en une application de sulfure de carbone à haute dose qui tue le phylloxera, en même temps, du reste, que les ceps contaminés; autour de la partie détruite on examine de temps en temps quelques souches pour s'assurer qu'elles sont indemnes. Quant à la partie détruite elle-même, elle ne peut-être replantée que cinq ans après, sur une autorisation spéciale du Conseil d'État. Tous les frais de ces opérations sont couverts par la Confédération, le canton et un impôt voté par le Conseil cantonal au Conseil d'état. Cet impôt, du reste, ne frappe que les propriétaires de vignes, et est proportionné à la valeur du vignoble qu'il s'agit de préserver.

M. Hemseguy, délégué de l'Académie, communique ses observations relatives au phylloxera gallicole et constate l'influence heureuse des sulfocarbonates et du sulfure de carbone sur les vignes du midi de la France et du Bordelais.

M. Balbiani a exposé dans un rapport au ministre de l'agriculture inséré récemment dans la *Revue scientifique* (30 septembre 1882), la méthode qu'il préconise pour détruire l'œuf d'hiver du phylloxera ; le procédé consiste dans le badigeonnage des ceps avec un mélange formé de neuf dixièmes de goudron et d'un dixième d'huile lourde. « En détachant des lambeaux d'écorce d'une vigne badigeonnée avec le mélange goudronné, on s'assure que leur face profonde présente la même teinte noire uniforme que la surface extérieure et que la matière a traversé presque toute l'épaisseur de l'écorce jusqu'au contact du bois. Les œufs placés sous les lamelles corticales se sont tous montrés noirs et altérés ; mais lors même que quelques-uns se trouveraient épargnés et viendraient à éclore, ce qui n'est pas probable, les jeunes insectes ne pourraient circuler dans les galeries de l'écorce que remplit une matière qui reste longtemps poisseuse et dans laquelle ils s'englueraient..... Malgré les circonstances défavorables dans lesquelles nous avons opéré en pratiquant le badigeonnage sur des plants en plein état de végétation et au cœur de l'été, ceux-ci, depuis un mois que le badigeonnage a eu lieu ne présentent aucun signe de dépérissement malgré leur jeune âge (cinq à six ans) et la faible épaisseur de leur système cortical.

La procréation de l'œuf d'hiver à laquelle participent les males et les femelles paraissant nécessaire à la perpétuité de l'espèce, il est vraisemblable que sa destruction systématique aurait l'influence la plus heureuse dans la lutte entreprise contre le phylloxera.

M. Barral a publié dans le *Journal de l'Agriculture* et dans la *Revue scientifique*, l'excellente conférence qu'il a faite devant la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, sur le terrible fléau qui a déjà détruit une forte fraction de notre vignoble français. M. Barral a décrit avec beaucoup d'ordre et de méthode les diverses transformations du phylloxera, les ravages qu'il a causés, et les efforts tentés pour lui résister : insecticide, submersion, plantation dans les sables, emploi de vignes américaines. Bien que ce sujet ait déjà été traité à de fréquentes reprises, l'importance qu'il présente pour notre pays et le talent de l'orateur ont assuré à cette conférence un succès justement mérité.

## Chimie analytique.

*Analyses d'eaux de pluies.* — M. Boussingault remet à l'Académie quelques analyses d'eaux provenant des pluies ou de la fusion des neiges recueillies dans les Alpes par M. Civiale de 1859 à 1866 : souvent on constate dans ces eaux la présence d'un peu d'ammoniaque et d'acide azotique, ce qui prouve que les manifestations électriques, les seules qui puissent faire entrer l'azote en combinaison dans l'air, sont encore sensibles à des altitudes considérables.

*Dosage de l'acide phosphorique.* — La recherche de l'acide phosphorique dans les engrais est toujours une des préoccupations dominantes des chimistes agronomes ; le congrès tenu à Halle, en décembre 1881, en a fait une étude soignée des méthodes les plus habituellement employées et ne les a que peu modifiées, nous ne pensons donc pas devoir revenir sur les prescriptions indiquées qui ne diffèrent que légèrement des procédés en usage dans les labora-

toires français. Les lecteurs désireux d'avoir les indications des chimistes allemands les trouveront dans le *Journal de pharmacie et de chimie*, t. VI, p. 150; en revanche nous croyons devoir rappeler une nouvelle méthode imaginée par M. L. Perrot et publiée aux *Comptes rendus*, t. XCIII, p. 494 et qui paraît devoir donner rapidement des indications suffisamment exactes.

Cette méthode repose sur les faits suivants.

1° La propriété que possèdent les phophastes de chaux d'être précipités par l'ammoniaque;

2° La solubilité des phosphates de chaux et de magnésie dans l'acide acétique et l'insolubilité des phosphates de fer et d'alumine dans ce réactif;

3° La propriété dont jouissent les phosphates solubles, acides ou basiques, de précipiter les sels d'argent, sous forme d'un précipité jaune de phosphate bibasique d'argent $3(AgO)\ PO^5$;

4° Enfin la facilité avec laquelle on peut doser l'argent non employé à la réaction.

D'après ce qui précède :

On prépare une solution d'argent en dissolvant 6gr,895 d'azotate d'argent pur dans l'eau distillée; on complète le volume pour faire 1000 centimètres cubes, ce qui correspond à 4gr,565 d'argent par litre; 100 centimètres cubes de cette liqueur précipitent 0gr,710 d'acide phosphorique. D'autre part on dissout 6gr,616 de chlorure de sodium pur dans l'eau distillée et l'on complète le volume de 2000 centimètrees cubes; 100 centimètres cubes de cette solution précipitent 0gr,500 d'argent.

Les liqueurs étant convenablement préparées on peut procéder au dosage. A cet effet, on attaque la matière phosphatée par l'acide azotique d'une densité de 1,030. La solution filtrée, on lave la partie insoluble à l'eau distillée chaude; les eaux de lavage réunies à la liqueur acide, on sursature celle-ci par l'ammoniaque.

Le précipité formé qui contient tous les phosphates est lavé à l'eau distillée ammoniacale; ce lavage une fois terminé, sur un très petit filtre sans plis, on dissout le précipité (en changeant de récipient) en l'arrosant avec de l'acide acétique; les phosphates de chaux et de magnésie seuls sont dissous. On lave la partie insoluble avec de l'acide acétique dilué; la liqueur filtrée est de nouveau additionnée d'ammoniaque, jusqu'à formation d'un précipité ne se dissolvant plus par l'agitation; on fait disparaître ce précipité par une goutte d'acide acétique. Cette liqueur a dû être recueillie dans un flacon de 250 centimètres cubes se bouchant à l'émeri; on y verse au moyen d'une pipette graduée, 100 centimètres cubes de la solution d'argent désignée ci-dessus, on agite et il se produit aussitôt le précipité jaune caractéristique de phosphate d'argent; ce précipité déposé, on verse la solution salée au moyen d'une burette graduée en dixièmes de centimètres cubes, et on procède comme pour l'analyse d'une monnaie.

Si l'on a en vue de doser séparément l'acide phosphorique soluble on traitera le phosphate par l'eau et on précipitera par l'ammoniaque comme précédemment. Si l'on cherche l'acide rétrogradé, on l'isolera d'abord par le citrate d'ammoniaque.

*Le Gérant:* G. Masson.

Mottbroz, Adm.-Direct. des Imprimeries réunies, B, Puteaux

# RECHERCHES

SUR

# LES PULPES DE BETTERAVES DES SUCRERIES

Par M. A. PAGNOUL

Directeur de la station agronomique du Pas-de-Calais.

Chaque année de nouveaux perfectionnements sont apportés à l'extraction des jus de betteraves, dans la fabrication du sucre et il en résulte dans la nature des pulpes une diversité qui rend leur évaluation de plus en plus difficile. Toute pulpe nouvelle rencontre auprès des cultivateurs les sentiments de méfiance qui, à l'origine de la sucrerie, ont accueilli la pulpe de presse hydraulique elle-même. Il importe donc de recourir à l'expérience pour faire disparaître les préventions et pour sauvegarder les intérêts du cultivateur, en assignant à chaque espèce de pulpe sa véritable valeur, et ceux du fabricant, en lui laissant toute liberté pour modifier ses procédés dans le but d'obtenir une extraction plus complète et plus profitable.

Les expériences doivent être à la fois théoriques et pratiques; elles doivent être faites au laboratoire et à l'étable; nous ne prétendons donc pas ici résoudre la question mais seulement présenter quelques chiffres destinés à en faciliter la solution.

Le tableau ci-joint est basé sur l'étude de 69 échantillons de pulpes analysés au laboratoire de la station et que nous divisons de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| Pulpes fraîches de presses hydrauliques | 14 |
| — de presses continues | 32 |
| — de diffusion | 7 |
| — de macération | 3 |
| Pulpes conservées en silos | 16 |

Voici les déterminations qui ont été faites sur ces pulpes.

1° Dosage de l'eau en desséchant 25 grammes à 105° pendant quatre ou cinq heures.

2° Dosage du sucre par la liqueur cuivrique après avoir interverti par l'acide tartrique comme l'a indiqué M. Pellet. Ce procédé a d'abord été vérifié sur une betterave dont le jus mar-

quait 5,1 au densimètre. Les quantités de sucre trouvés dans le jus par décilitre ont été :

| | |
|---|---|
| Avec le saccharimètre | 10,16 |
| Après inversion avec l'acide sulfurique | 10,10 |
| — avec l'acide tartrique | 10,10 |

Il y a donc accord et il serait indifférent, pour le jus, d'employer l'un ou l'autre procédé, mais il n'en est plus de même en opérant sur la betterave préalablement rapée. En admettant que la racine se compose de 95, poids de jus et 5, poids de matières insolubles on peut poser :

105,1 de jus contenant .................... 10,16 de sucre,
95 de jus ou 100 poids de betteraves contiendront :

$$x = \frac{10,16 \times 95}{105,1} = 9,18$$

Or, la pulpe essayée directement par la liqueur cuivrique a donné :

| | |
|---|---|
| Après inversion par l'acide tartrique | 9,17 |
| — par l'acide sulfurique | 9,52 |

L'acide sulfurique donne donc un chiffre trop fort, mais les résultats obtenus avec l'acide tartrique s'accordent avec ceux du saccharimètre. On a donc opéré de la manière suivante : 10 grammes de pulpe sont introduits dans un ballon de 200 ou de 100 si la pulpe est pauvre ; on ajoute de l'eau et 10 centimètres cubes d'une dissolution d'acide tartrique à 20 pour 100. On maintient 30 minutes dans le voisinage de 100° ; on complète le volume après refroidissement et on filtre; l'essai se fait avec 10 centigrammes de liqueur cuivrique normale pour les pulpes riches et pour les pulpes pauvres avec une liqueur deux fois ou même cinq fois plus étendue mais contenant toujours la même quantité de soude.

3° L'azote a été déterminé par la chaux sodée en opérant sur la substance sèche et il a été exprimé en matière azotée en multipliant son poids par 6,25. Les chiffres inscrits sur le tableau ne peuvent donc être considérés comme représentant réellement les matières albuminoïdes puisque l'azote existe aussi sous d'autres états mais simplement comme proportionnels aux poids d'azote total. Il faut noter aussi qu'ils se rapprochent beaucoup plus des matières azotées nutritives dans les pulpes de diffusion que dans les pulpes de presse hydraulique, attendu que dans les premières les traitements par l'eau chaude ont dû coaguler et retenir les matières albumineuses et eulever la plus grande partie de l'azote soluble existant sous la

forme nitrique, ammoniacale et alcaloïdale. D'après M. Vivien, l'azote nutritif serait dans la proportion de 50 pour 100 dans les pulpes de presse hydraulique et de 80 pour 100 dans les pulpes de diffusion. M. Pellet cite les mêmes chiffres.

4° Les cendres totales ont été obtenues en calcinant 25 grammes de pulpe et pesant le résidu. Ce résidu, traité par l'eau, a été étendu en 125 centimètres cubes; 50 centimètres cubes portés à l'ébullition ont été saturés avec de l'acide sulfurique à 4 gr., 9 par litre et le résultat calculé et exprimé en carbonate de potasse; 50 centimètres cubes additionnés de quelques gouttes d'acide azotique étendu, neutralisé ensuite par un excès de carbonate de chaux précipité ont servi à la détermination des chlorures à l'aide du chromate de potasse et d'une liqueur d'argent titrée. Les résultats ont été également exprimés en chlorure de potassium et la somme des deux chiffres ainsi obtenus retranchée des cendres totales a donné approximativement les cendres insolubles.

Pour déterminer exactement la valeur nutritive et par suite la valeur commerciale des pulpes il faudrait connaître pour chacune: sa richesse en matières protéiques, en matière grasse, en cellulose, en sucre, en alcool, en phosphates; il faudrait tenir compte de la proportion d'eau qui affaiblit les propriétés nutritives et augmente les frais de transport; il faudrait enfin faire contrôler les résultats obtenus par la pratique en recherchant les effets produits sur les animaux eux-mêmes. Tout cela serait d'une application fort difficile et bien éloigné d'ailleurs de ce qui s'est fait jusqu'ici. Aujourd'hui en effet la pulpe de presse hydraulique est généralement vendue aux planteurs, quelle qu'elle soit, au prix de 10 fr. la tonne pour le cinquième du poids de leurs betteraves et le prix, en dehors de ces conditions, s'est parfois élevé jusqu'à 25 fr. Quant aux autres pulpes, on les vend ce qu'on peut, non pas suivant leur valeur réelle mais suivant le caprice des préjugés et des préventions qui accueillent presque toujours tout produit nouveau.

Entre cet arbitraire et une évaluation rigoureusement exacte, il y aurait place pour quelque convention simple et pratique permettant de mettre moins de fantaisie et plus d'équité dans ce genre de transaction et pouvant servir de base transitoire en attendant mieux; c'est ce que nous avons cherché à établir dans ce travail.

Les tableaux ci-joints donnent d'abord la composition des pulpes analysées, puis la matière sèche totale, diminuée des cendres inso-

lubles et enfin diminuée des cendres insolubles et du sucre; une dernière colonne donne les matières azotées pour 100, poids de matière sèche.

Le plus simple serait de prendre pour base le poids de la matière sèche totale mais les pulpes ordinaires renferment de 1 à 3 pour 100 de cendres insolubles provenant surtout de la terre qui reste adhérente aux racines; la proportion de ces cendres a pu dépasser 8 avec des betteraves mal lavées; or, il est évident que ces matières terreuses inertes ne peuvent être comptées comme matières nutritives et qu'il y a lieu de les déduire avec plus de raison encore que l'eau elle-même. Il serait donc plus rationnel de prendre pour base les chiffres de la colonne suivante, donnant le poids de la matière sèche diminuée des cendres insolubles.

Une troisième colonne contient les poids de la matière sèche diminuée des cendres insolubles et du sucre et ces chiffres représenteraient une base plus équitable encore. Sans doute le sucre joue un rôle comme substance alimentaire et il serait juste d'en tenir compte si la pulpe n'était employée qu'à l'état frais; mais on ne l'emploie généralement qu'après un séjour plus ou moins prolongé en silo et alors le sucre a presque entièrement disparu; l'alcool qui résulte de la fermentation du sucre se perd lui-même bientôt ou se transforme en partie en acide acétique, et cet acide d'ailleurs ne paraît pas provenir seulement de la fermentation du sucre, car il existe en quantités à peu près égales dans les pulpes de presse hydraulique et dans celles de diffusion.

Il n'est donc pas juste de faire payer aux cultivateurs un produit alimentaire destiné en quelque sorte à s'évanouir entre leurs mains.

Il est d'ailleurs évident, à un autre point de vue, que la place du sucre n'est pas dans la pulpe; tous les efforts doivent tendre à lui en laisser le moins possible et exiger des pulpes riches en sucre serait arrêter tous les progrès que l'industrie sucrière cherche à réaliser, ce serait exiger une destruction absolument inutile de ce qu'elle a pour but de produire. Une pulpe parfaite pour le fabricant comme pour le cultivateur serait une pulpe retenant toutes les matières albuminoïdes de la betterave sans trace de sucre et c'est la pulpe de diffusion qui se rapproche le plus aujourd'hui de cet idéal.

Les moyennes qui sont inscrites au tableau ci-joint n'ont pas été obtenues avec tous les chiffres trouvés dans les ana-

lyses exécutées; on ne s'est servi pour les calculer que des pulpes fraîches, prises au sortir de la fabrique et obtenues par les procédés ordinaires. On a exclu de ces calculs les pulpes résultant d'essais divers : modifications des râpes, lavages à l'eau chaude, lavages sur presse, etc. Ces moyennes ne sont donc pas données dans le but d'établir des prix invariables pour chaque espèce. La composition d'une pulpe peut être, en effet, modifiée par quelques changements apportés au mode d'extraction, par la quantité d'eau mise à la râpe, par la nature de la betterave, etc., et il peut arriver ainsi que certaines pulpes de presse continue, par exemple, aient une valeur plus grande que des pulpes de presse hydraulique. Bien loin de vouloir fixer des prix uniformes, notre but est précisément de faire attribuer à chaque pulpe la valeur qui lui appartient. Ce tableau des moyennes n'est donc donné qu'à titre de renseignement et pour indiquer quelles seraient à peu près les valeurs relatives des pulpes obtenues par les procédés ordinaires. Elles seraient donc, en adoptant ces chiffres, en prenant pour base la pulpe sèche diminuée des cendres insolubles et du sucre et en partant du prix de 10 francs pour la pulpe de presse hydraulique livrée aux planteurs dans la proportion du cinquième de leurs betteraves :

| | |
|---|---|
| Pulpe de presse hydraulique | 10 fr. 00 |
| — de presse continue | 7 .85 |
| — de diffusion | 7 18 |
| — de macération | 3 86 |

Si on veut prendre pour point de départ le prix de la pulpe de presse hydraulique livrée à ceux qui ne fournissent pas de betteraves, ce prix pouvant être évalué à 20 francs, il suffit de doubler les chiffres.

Pour les quantités de pulpes à céder aux planteurs il est évident que si l'on est convenu d'un cinquième du poids de la betterave lorsqu'il s'agit de pulpe de presse hydraulique, il faudra en livrer une quantité plus forte s'il s'agit d'une pulpe moins riche et plus aqueuse et en adoptant toujours les chiffres précédents ces poids seront pour 1000 kilos de betteraves :

| | |
|---|---|
| Pulpe de presse hydraulique | 200 kil. |
| — de presse continue | 254 |
| — de diffusion | 278 |
| — de macération | 518 |

En adoptant la base que nous proposons, on considère simplement l'eau comme ayant une valeur nulle; or, il serait plus exact

de lui donner une valeur négative, c'est-à-dire de la considérer comme diminuant un peu par sa présence la valeur de la partie utile et alimentaire; elle entraîne en effet plus de frais de transport et on redoute son excès dans l'alimentation des bestiaux.

Les expériences faites par M. Simon Legrand et beaucoup d'autres agriculteurs sont, il est vrai, favorables à la pulpe de diffusion; on soumet d'ailleurs aujourd'hui cette pulpe à l'action de presses spéciales qui ne laissent plus que 87 à 88 d'eau et enfin on peut faire disparaître l'influence que peut avoir l'excès d'humidité en mêlant la pulpe avec des courtes pailles mais en admettant malgré tout cela une certaine infériorité résultant d'une plus grande abondance d'eau, elle serait amplement rachetée par une plus grande richesse de la matière sèche en principes nutritifs. Nous avons trouvé en effet 6,08 et 6,83 pour l'azote des pulpes de presse hydraulique et de diffusion exprimé en matières albuminoïdes, mais comme nous l'avons fait observer plus haut, il s'agit ici de l'azote total et l'azote alimentaire se trouve en proportion beaucoup plus grande dans la pulpe de diffusion; en admettant les chiffres de 50 et de 80 pour 100 cités plus haut, les poids de matières azotées nutritives contenues dans la partie sèche des pulpes de presse hydraulique et de diffusion seraient pour 100 de 3,04 et de 5,46. Cette différence énorme en faveur de la seconde fait plus que compenser la légère infériorité résultant de l'excès d'humidité et avec la base que nous proposons la pulpe de diffusion serait probablement plus avantageuse que la pulpe de presse hydraulique.

Les mêmes observations peuvent s'appliquer à plus forte raison aux pulpes de macération dont la partie sèche est deux fois plus riche en matières azotées que celles de sucrerie et son prix augmenterait certainement beaucoup si l'on n'avait pas à redouter son grand excès d'eau et si l'on ne tenait compte que de ses principes nutritifs.

M. Pellet, en effet, dans l'important travail sur les pulpes qu'il a présenté au congrès sucrier de Saint-Quentin, donne comme prix comparatif des pulpes, en tenant compte des principes azotés et de la relation nutritive :

| | | |
|---|---|---|
| Pulpes de presses hydrauliques | 10 fr. | 00 |
| — — continues | 8 | 24 |
| — de diffusion | 6 | 52 |
| — de macération | 7 | 17 |

MOYENNES OBTENUES AVEC LES PULPES NORMALES [1].

| | EAU. | SUCRE. | CENDRES INSOLUBLES. | MATIÈRES AZOTÉES p. 100 de sec. | MATIÈRE SÈCHE. | | | VALEUR PROPORTIONNELLE. | | | POIDS ÉQUIVALENT à 200 kilos de pulpes hydrauliques. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | TOTALE. (1) | MOINS cendres insolubles (2) | MOINS CEND. insolubles et sucre. (3) | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) |
| Presse hydraulique... | 75.71 | 6.82 | 1.95 | 6.08 | 24.20 | 22.34 | 15.52 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 200 | 200 | 200 |
| Presses continues.... | 81.21 | 5.77 | 0.83 | 6.30 | 18.79 | 17.96 | 12.19 | 7.74 | 8.04 | 7.85 | 258 | 248 | 254 |
| Diffusion............ | 87 61 | 0.70 | 0.54 | 6.83 | 12.39 | 11.85 | 11.15 | 5.10 | 5.30 | 7.18 | 392 | 377 | 278 |
| Macération.......... | 92.54 | 0.48 | 0.99 | 12.33 | 7.46 | 6.47 | 5.99 | 3.07 | 2.90 | 3.86 | 651 | 690 | 518 |

| PULPES CONSERVÉES EN SILOS. | COMPOSITION POUR 100. | | | | | MATIÈRE SÈCHE. | | MATIÈRES AZOTÉES pour 100 de matière sèche. | ACIDE ACÉTIQUE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EAU. | MATIÈRES azotées. | MATIÈRES non azotées. | CENDRES alcalines. | CENDRES insolubles. | TOTALE. | MOINS cendres insolubles. | | |
| 1. De presse hydraulique............... | 76.13 | 1.46 | 16.60 | 0.31 | 5.41 | 23.87 | 18.46 | 6.12 | 1.56 |
| 2. — ........................... | 83.72 | 1.18 | 13.04 | 0.56 | 2.50 | 16.28 | 13.78 | 7.25 | 1.32 |
| 3. — avec feuilles de betteraves.... | 81.14 | 1.61 | 13.53 | 0.67 | 3.05 | 18.86 | 15.81 | 8.56 | 1.08 |
| 4. — mêlée de betteraves à vaches coupées................ | 83.00 | 1.34 | 13.66 | 1.10 | 0.90 | 17.00 | 16.10 | 7.87 | 1.71 |
| 5. Fragments de betteraves mêlés à la pulpe précédente............. | 87.33 | 1.28 | 8.90 | 1.19 | 1.21 | 12.67 | 11.46 | 10.12 | 1.50 |
| 6. Presse Lachaume.................. | 84.96 | 1.12 | 11.06 | 0.60 | 2.26 | 15.04 | 12.78 | 7.44 | |
| 7. Presse Collette.................... | 82.97 | 1.42 | 13.21 | 0.53 | 1.87 | 17.03 | 15.16 | 8.37 | 1.29 |
| 8. Presse Flament.................... | 86.43 | 1.03 | 11.28 | 0.41 | 0.85 | 13.57 | 12.72 | 7.62 | 0.78 |
| 9. Pulpe de diffusion.................. | 86.98 | 1.48 | 9.64 | 0.06 | 1.84 | 13.02 | 11.18 | 11.37 | 1.68 |
| 10. — ........................... | 8 .58 | 0.86 | 8.28 | 0.06 | 1.22 | 10.42 | 9.20 | 8.31 | 0.90 |
| 11. — ........................... | 90.00 | 0.92 | 7.86 | 0.12 | 1.10 | 10.00 | 8.90 | 9.19 | 1.02 |
| 12. Pulpe de macération avec paille...... | 85.95 | 1.91 | 9.94 | 0.11 | 2.09 | 14.05 | 11.96 | 13.56 | 0.90 |
| 13. — sans paille................ | 89.63 | 1.88 | 7.01 | 0.22 | 1.26 | 10.37 | 9.11 | 18.12 | 0.93 |
| 14. — sans paille................ | 90.30 | 1.46 | 6.72 | 0.12 | 1.40 | 9.70 | 8.30 | 15.06 | 0.54 |
| 15. — sans paille................ | 91.25 | 1.11 | 6.30 | 0.10 | 1.24 | 8.75 | 7.51 | 12.69 | 0.66 |
| 16. — sans paille................ | 89.28 | 1.29 | 8.21 | 0.22 | 1.20 | 10.72 | 9.52 | 12.06 | 0.69 |

Les pulpes conservées en silos, dont la composition est inscrite au tableau qui précède, étaient en général bien conservées, elles avaient cette odeur agréable et caractéristique qu'il ne faut pas attribuer seulement à l'alcool mais aussi à différents principes volatils. Le n° 13 seulement commençait à développer une légère

1. Nous donnons seulement ici la moyenne des résultats chiffrés très nombreux que l'auteur doit publier dans le *Bulletin de la station agronomique du Pas-de-Calais*.

odeur putride. Quelques-unes de ces pulpes avaient plusieurs années de conservation.

Presque toutes ces pulpes ont décomposé de faibles quantités de liqueur cuivrique, mais nous n'avons pas cru devoir exprimer en sucre les résultats obtenus parce qu'ils doivent provenir non seulement de traces de sucre non encore transformé mais probablement aussi d'autres substances pouvant agir sur la liqueur.

L'acidité a été exprimée en acide acétique. On voit, comme l'a déjà fait observer M. Pellet, qu'elle est à peu près la même dans les pulpes de diffusion et dans les pulpes de presse hydraulique et de presses continues.

L'alcool a été aussi déterminé dans un certain nombre d'échantillons en soumettant la pulpe à plusieurs distillations successives jusqu'à réduction à une dizaine de centimètres cubes qui ont été introduits dans un tube gradué et additionnés ensuite d'un excès de carbonate de potasse sec. L'échantillon n° 7 nous a donné $1^{cc},3$ pour 100 poids de pulpe; les autres seulement quelques dixièmes, mais ces nombres ne sont pas inscrits au tableau parce qu'ils sont probablementt un peu trop faibles.

---

## SUR LES MODIFICATIONS

### QUE SUBIT

## LA MATIÈRE AZOTÉE DE LA TERRE ARABLE

J'ai donné dans le VIII^e volume des *Annales Agronomiques* le résumé des recherches entreprises sur les modifications qui se sont produites dans le sol du champ d'expériences de Grignon, sous l'influence de la culture continue du maïs fourrage, sous celle des pommes de terre et du blé, enfin sous celle des betteraves; il en est résulté très manifestement que le sol s'était singulièrement appauvri; l'azote y avait baissé de près d'un quart; de plus de 2 grammes par kilo, qu'il renfermait en 1875, il était tombé à $1^{gr},5$ environ en 1881.

J'ai attribué ce résultat à l'influence d'une nitrification exagérée, car les prélèvements des récoltes sont tout à fait insuffisants pour expliquer les pertes constatées; cette nitrification était devenue d'autant plus active que la terre avait été labourée chaque année et par suite soumise à une aération que les praticiens habiles évitent

ordinairement en introduisant une légumineuse dans l'assolement.

Les faits précédents ont été exposés dans le cours de l'École de Grignon et un de nos élèves, M. Agathon (de Constantinople), passant les vacances dernières à l'École et m'ayant demandé à quoi il pouvait utilement employer ses loisirs, je le priai de procéder à l'analyse du sol d'une pièce, dite des vingt-six arpents, sur laquelle j'avais établi mon premier champ d'expériences en 1868. A cette époque, on avait pris des échantillons de terre, on y avait dosé l'azote qui s'élevait à $2^{gr},040$ par kilo dans un des échantillons à $2^{gr},02$ dans un autre.

M. Agathon m'a remis au mois d'octobre la note ci-jointe, que je suis heureux d'insérer dans les *Annales*. P.-P. D.

*Dosage d'azote dans la terre des vingt-six arpents (domaine de Grignon), par M.* **Agathon**, *élève à l'École de Grignon.*

Les échantillons de terre analysés ont été prélevés dans deux endroits indiqués par M. Dehérain comme étant ceux sur lesquels on avait opéré en 1868, l'un en haut de la pièce et l'autre au bas, dans le voisinage de l'étang; on a bien mélangé les échantillons, on les a exposés à l'air pour les dessécher, ils ont été ensuite passés au tamis et c'est sur la terre fine qu'on a opéré.

On a fait sept dosages en employant 10 grammes de terre, et six avec 5 grammes. Le chiffre le plus bas trouvé pour 1 kilogramme de terre a été de $2^{gr},45$ d'azote, le plus élevé $2^{gr},56$; la moyenne des treize dosages exécutés donne $2^{gr},48$. — On a vérifié, avec soin l'acide sulfurique en dosant la quantité d'acide contenu dans $10^{cc}$ au moyen du chlorure de baryum et en pesant le sulfate de baryte obtenu; les chiffres trouvés méritent donc toute confiance.

Les cultures exécutées sur la pièce analysée ont été les suivantes :

1870. — Blé.
1871. — Jachère.
1872. — Blé.
1873. — Betteraves avec 56 200 kilogrammes de fumier à l'hectare.
1874. — Avoine.
1875. }
1876. } Luzerne.
1877. }
1878. }
1879. — Blé de mars.
1880. — Avoine.
1881. — Vesce. Pois. Fumure : 47 800 kilogrammes de fumier à l'hectare.
1882. — Blé.

Dans l'espace de douze ans, cette terre a reçu 104000 kilogrammes de fumier à l'hectare, soit 520 kilos d'azote; or la terre d'un hectare pesant 3850 tonnes a gagné pendant ce temps environ 0gr,45 d'azote par kilo soit pour la terre entière 1732 kilos; et cependant elle a fourni onze récoltes abondantes qui renfermaient à coup sûr plus d'azote que la fumure, mais sur ces onze récoltes, il y a eu quatre ans de luzerne qui ont contribué à l'enrichissement si marqué constaté dans le sol. Quand on compare ces résultats à ceux qui ont été obtenus au champ d'expériences, qui n'est séparé de la *pièce des 26 arpents* que par un chemin, on est très frappé de l'influence que présente le choix d'un bon assolement; on est très frappé également de l'état de richesse dans lequel se trouvent les terres de Grignon après la gestion de notre regretté directeur, M. Dutertre.

---

## RECHERCHES
## SUR L'INFLUENCE DES MATIÈRES MINÉRALES
### DANS LA GERMINATION

PAR MM.

P.-P. DEHÉRAIN
Professeur au Muséum d'histoire naturelle

et

E. BRÉAL
Préparateur au Muséum d'histoire naturelle.

Au mois de décembre 1881, après un automne d'une douceur exceptionnelle, on prélèva sur une des terres de Grignon, du blé semé depuis un mois environ. Les jeunes plantes furent lavées avec soin, de façon à séparer complètement la terre qui reste souvent enchevêtrée dans les racines, puis on pesa cent pieds et on les soumit à une dessiccation complète; ils pesaient 2gr,970 et fournirent 0gr,360 de cendres, d'où 2gr,610 de matière organique.

Or, le poids de 100 grains du blé, qui avait donné naissance aux jeunes plantes précédentes, était de 4gr,450; par la calcination ces 100 grains ne laissent que 0gr,075 de cendres; d'où il faut conclure que pendant cette première période de sa vie le blé a perdu 1gr,765 de matière organique, perte signalée depuis longtemps, mais qu'en même temps, le blé a gagné 0gr,285 de matière minérale.

En comparant de même, le poids de jeunes haricots élevés pendant l'automne de 1881, dans le jardin du Muséum, à celui des graines dont ils provenaient, en comparant en outre le poids des cendres de la jeune plante à celui de la graine, on trouve encore une différence considérable : le fait observé sur le blé n'est donc pas fortuit et une plante commençant à se développer dans les conditions normales, emprunte au sol une proportion relativement considérable de matière minérale.

On a observé au reste, depuis longtemps, que les végétaux herbacés laissent une quantité de cendres d'autant plus considérable qu'ils sont moins âgés; nous avons donné, en 1881[1], des analyses de plantes herbacées à diverses époques de leur développement et nous avons reconnu que toujours la proportion de matière minérale était plus considérable pendant les premières semaines qu'à une période plus avancée du développement.

Cette tendance des plantes à absorber dans le jeune âge les matières minérales se dévoile, non seulement par la proportion des cendres qu'elles laissent à l'incinération, mais aussi par la nature de celles-ci : dans un mémoire qui remonte à plusieurs années, l'un de nous a eu occasion de reconnaître qu'une plantule enracinée dans l'eau, est capable d'absorber certaines matières minérales qu'elle repousse énergiquement dans l'âge adulte; tel est le haricot qui absorbe de la soude pendant la première période de la vie et qui n'en prend plus une trace quand il est en plein développement[2].

Ces matières minérales si avidement absorbées dans le jeune âge, ont-elles une utilité décisive sur le développement de la plante : on serait d'autant plus porté à l'admettre qu'on se rappelle la curieuse expérience exécutée sur la germination des haricots par M. J. Boehm[3]. Tandis que les graines mises à germer dans l'eau ordinaire se développaient régulièrement, celles qui étaient placées dans l'eau distillée ne tardaient pas à périr. M. J. Boehm était arrivé à cette conclusion; que la chaux ne pouvait être remplacée par aucune autre base, et que, « dans la transformation des matériaux organiques en matières constitutives du corps de la plante, la chaux joue un rôle tout aussi important que dans la transformation du cartilage en os ».

1. *Ann. agr.*, tome VII, p. 161.
2. — tome IV, p. 321.
3. — tome I, p. 470.

Les expériences exécutées par l'un de nous, il y a plusieurs années, lui avaient laissé quelques doutes sur la nature du rôle de la chaux dans ces transformations et nous avons repris cette question, en élevant pendant la fin de l'année 1881, et toute l'année 1882 des plantes variées dans de l'eau distillée et dans diverses dissolutions salines.

## I

### Question à résoudre. — Disposition des expériences.

Les observations que nous avons rappelées dans les pages précédentes, et particulièrement celles de M. Boehm, conduisent à une première conclusion : la matière minérale et notamment les sels de chaux favorisent le développement d'une jeune plante en germination, mais il restait à reconnaître :

1° Si la chaux est nécessaire à l'évolution de la jeune plante ; c'est-à-dire s'il est impossible de voir une graine donner naissance à des racines et à une tigelle régulièrement développées, quand elle n'a à sa disposition que les matériaux contenus dans ses propres tissus et qu'elle est enracinée dans l'eau distillée ;

2° Si les sels de chaux ne peuvent pas être remplacés par des sels renfermant une autre base ; si notamment les sels de potasse n'ont pas une utilité quelconque dans l'évolution de la jeune plante et s'il ne convient pas de lui en fournir une quantité plus forte que celle que renferment les réserves dans lesquelles elle peut puiser ;

3° Enfin il serait intéressant de rechercher à quelle cause il faut attribuer l'action qu'exercent les matières minérales pendant la germination.

La disposition choisie pour suivre le développement des graines enracinées dans l'eau est loin d'être indifférente. Après bien des essais dans lesquels on a fait successivement usage de bouchons percés, de toiles métalliques, de canevas, nous nous sommes arrêtés à l'appareil suivant, facile à exécuter et présentant l'avantage de ne céder aucune matière étrangère au liquide en expérience. Des baguettes de verre un peu fortes ou encore des tubes à gaz ordinaires sont coupés de différentes longueurs, de façon à pouvoir entrer parallèlement dans un cristallisoir ; ces baguettes sont liées deux à deux par une bande de caoutchouc croisée, elles se trouvent ainsi assez serrées l'une contre l'autre pour que les graines placées dans

la rainure que présente le système ne puissent glisser dans le liquide, et d'autre part assez écartées pour que les racines puissent s'enfoncer dans le liquide sans être froissées contre le verre.

Les baguettes sont soutenues par un cylindre de verre tel qu'on les construit pour les appareils dialyseurs.

On peut encore employer les baguettes de verre d'une autre façon. On les courbe sur elles-mêmes, de façon à former une sorte d'U très allongé d'une longueur telle qu'elle dépasse le cristallisoir dans lequel on placera le liquide, puis on recourbe légèrement l'extrémité coudée et les deux branches libres, pour que les deux extrémités de l'U, s'appuyant sur les parois du cristallisoir, toute la partie horizontale soit de un ou deux centimètres au-dessous du bord et puisse ainsi affleurer le liquide; il est bon, quand on opère dans l'eau distillée, de couvrir les cristallisoirs de grandes cloches de verre pour se mettre à l'abri des poussières.

## II

### Germination des lentilles.

Les lentilles furent mises à gonfler, les unes dans l'eau distillée, les autres dans l'eau ordinaire, les premières furent ensuite disposées sur des baguettes de verre baignant dans l'eau distillée (1) et dans des dissolutions de phosphate de potasse (2), d'azotate de potasse (3), d'un mélange d'azotate et de phosphate de potasse (4) dans l'eau distillée.

On a d'autre part placé des graines (5) dans l'eau ordinaire (6) (7) et (8), dans de l'eau ordinaire tenant en dissolution des poids d'azotate, de phosphate et du mélange de ces deux sels égaux à ceux qu'on avait employés ; dans l'eau ordinaire (9), enfin elles ont été placées dans une dissolution d'ulmate de chaux.

Les expériences disposées au commencement de mars 1882, furent arrêtées quand les tiges et les racines furent bien développées, mais avant que les cotylédons fussent complètement vidés ; on voulait rester, en effet, dans les conditions d'une expérience de germination, sans cependant s'astreindre à opérer dans l'obscurité.

On a séparé les tiges des racines et des cotylédons, on les a desséchées séparément, puis on a dosé les cendres dans les tiges, les racines et le résidu des graines; chacune des expériences fournit ainsi six nombres différents, nous aurions pu les disposer

en tableau, mais il nous a paru que, pour des expériences de cette nature, dans lesquelles on ne peut chercher que le sens du phénomène, sans vouloir attribuer aux chiffres une valeur qu'ils n'ont pas, puisqu'ils ne peuvent représenter qu'un cas particulier, il était préférable de représenter ces résultats par des constructions graphiques.

Nous avons donc élevé des bandes de hauteur variable suivant le poids des séries de plantes obtenues rapportées à 100 graines; les nouveaux organes sont représentés par les bandes placées au-dessus de la ligne zéro; nous avons représenté le poids des racines sèches par la bande couverte de hachures verticales, tandis que la tige a été représentée par une bande hachée de lignes horizontales.

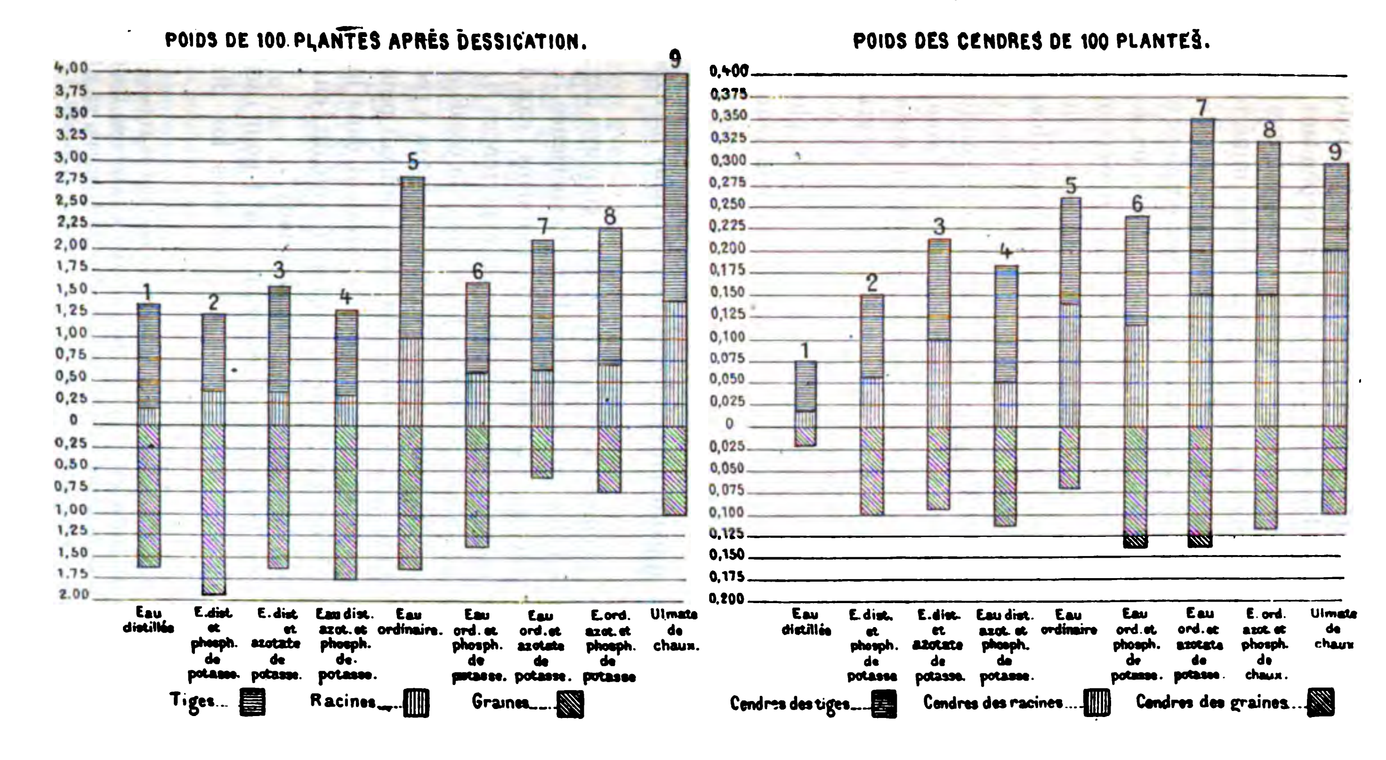
Toute la hauteur placée au-dessus de la ligne des abcisses représente donc le poids des nouveaux organes développés; tout ce qui est au-dessous, haché de lignes obliques, représente le poids des cotylédons restants.

Pour figurer graphiquement d'une façon intelligible, la matière minérale contenue dans les jeunes plantes, on a pris une échelle décuple de celle qui avait servi à la représentation des plantes elles-mêmes; les bandes placées au-dessus de la ligne zéro et couvertes de hachures verticales représentent la matière minérale des racines; les bandes hachées de lignes horizontales la matière minérale des tiges; enfin celles qui sont au-dessous de la ligne zéro la matière minérale des cotylédons; les numéros 1, 2, etc., indiquent à gauche du graphique les poids des divers organes secs ; obtenus dans les diverses expériences, et à droite les poids des matières minérales contenues dans ces mêmes organes.

Quand les lentilles ont été maintenues dans l'eau distillée, elles se sont mal développées, la racine surtout a pris un très faible accroissement, la plus grande partie de la matière minérale contenue dans la plante a cependant passé dans la tige; une faible proportion est restée dans les cotylédons, l'expérience démontre donc, que lorsque les lentilles plongent leurs racines dans de l'eau privée de matière minérale, dans l'eau distillée, elles ne se développent que très difficilement et que la racine surtout reste rabougrie, faible, comme si l'absence de matière minérale lui était particulièrement nuisible.

L'expérience n° 2 dans laquelles les racines ont été plongées dans une dissolution de phosphate de potasse est très instructive, le poids des organes développés est un peu plus faible que lorsque

DÉVELOPPEMENT DES LENTILLES DANS DIVERSES SOLUTIONS.



les racines sont restées dans l'eau distillée; les cotylédons au contraire sont moins bien vidés. En examinant cependant les bandes indiquant la matière minérale, on reste convaincu que la graine a absorbé une quantité considérable de la matière minérale qui lui a été offerte, mais que cette matière minérale n'a pas été utile.

Les expériences 3 et 4, dans lesquelles on a employé une dissolution d'azotate de potasse ou un mélange d'azotate ou de phosphate de potasse, démontrent clairement que ces sels n'exercent sur le développement de la jeune plante qu'une influence insignifiante, bien qu'ils aient été absorbés en quantités considérables.

Cette première série d'expériences conduit à des conclusions dignes d'intérêt. Nous voyons d'une part que l'assimilation de la matière minérale est tout à fait indépendante de l'avantage que la plante peut en tirer, elle prend des proportions notables d'une matière dissoute, sans que cette matière dissoute favorise son évolution; nous voyons d'autre part que les substances qui se trouvent en plus grande proportion dans les graines, l'acide phosphorique et la potasse ne sont pas celles cependant, dont il convienne d'ajouter de nouvelles proportions pour assurer le développement de la jeune plante.

C'est ce qui apparaît plus clairement encore dans les expériences suivantes :

Dans les expériences 5, 6, 7, 8 et 9, on a employé des dissolutions renfermant des sels de chaux. Dans l'expérience 5, ces sels de chaux sont ceux qui existent naturellement dans l'eau de la ville de Paris arrivant au laboratoire; dans les expériences 6, 7 et 8 le phosphate ou l'azotate de potasse ou le mélange de ces deux sels ont été dissous dans cette même eau de la Ville, de façon à reconnaître si l'influence d'une petite quantité de chaux suffisait pour donner de l'utilité à un excès des sels qui se trouvaient dans la graine; enfin dans l'expérience n° 9, on a, ainsi qu'il a été dit, enraciné les lentilles dans une dissolution d'ulmate de chaux [1].

Il suffit de jeter les yeux sur le diagramme n° 1 pour reconnaître que les deux cultures qui ont fourni les récoltes les plus avan-

1. La préparation de l'ulmate de chaux employé est conduite de la façon suivante : une bonne terre de jardin est mélangée de carbonate de soude en fragments très fins, puis placée dans un grand cylindre de tôle légèrement incliné; on y fait passer un courant de vapeur d'eau, celle-ci se condense dans la terre et bientôt il s'écoule du cylindre un liquide très coloré, on le traite par du chlorure de calcium qui détermine

tageuses, qui ont donné les poids les plus forts de nouveaux organes, sont les expériences 5 et 9, c'est-à-dire celles dans lesquelles les lentilles n'ont eu à leur disposition que des sels de chaux.

Dans l'expérience 5 les racines ont acquis un poids de 1 gramme de matière sèche et les tiges un poids de $1^{gr},75$. Les cotylédon sont conservé un poids assez semblable à celui des expériences précédentes, mais la partie disparue a été élaborée en organes nouveaux, tandis que dans les cultures sans sels de chaux elle s'était dissipée par combustion.

Le phosphate de potasse ajouté à l'eau de fontaine dans la culture n° 6 n'a pas produit d'effet utile, il été a bien plutôt nuisible, peut-être surtout à cause de la réaction alcaline que présentait le liquide, dans lequel il s'était fait un précipité de phosphate de chaux, en même temps que du carbonate de potasse; le développement des racines est cependant un peu meilleur que dans l'expérience 2.

Dans les expériences 7 et 8, les cotylédons ont été très complétement vidés sans grand avantage pour le développement de la plante.

Enfin, si nous passons à l'examen de l'expérience 9, nous sommes très frappés du développement considérable de la racine et de la tige, bien que les cotylédons ne se soient pas vidés aussi complètement que dans les expériences 7 et 8.

Nous ne pouvons pas affirmer que dans cette expérience, l'acide ulmique ait exercé une influence favorable, mais nous ne pouvons pas davantage rejeter, a priori, l'idée que cette matière carbonée n'ait pas été assimilée; nous réservons complétement la question, car il ne nous paraît nullement démontré que la seule source de carbone des végétaux soit l'acide carbonique aérien.

L'examen des quantités de matières minérales absorbées par les lentilles est particulièrement instructif, la quantité totale est moindre que dans les expériences 7 et 8, et cependant les plantes ont acquis un accroissement plus considérable que lorsque les dissolutions renfermaient des sels de potasse. Ce sont surtout les racines qui ont assimilé la chaux que la dissolution d'ulmate mettait à leur disposition; elles renfermaient 200 milligrammes de cendres,

un abondant précipité brun, celui-ci est lavé par décantation à deux ou trois reprises différentes pour enlever la plus grande partie des sels solubles; le produit brun très léger obtenu est un peu soluble dans l'eau froide à laquelle il communique une teinte simplement ambrée, cette dissolution employée avec grand avantage pour l'alimentation des plantes en germination est désignée provisoirement sous le nom d'*ulmate de chaux*.

tandis que dans l'eau ordinaire chargée d'azotate ou du mélange de phosphate et d'azotate de potasse, elles n'en ont pris que 0gr,150. En revanche, la tige n'a consommé qu'une quantité médiocre de matière minérale, bien qu'elle ait acquis un développement considérable; en effet, les tiges de l'expérience n° 9 ont pesé 2gr,75 tandis que celles de l'expérience n° 8 ne présentaient qu'un poids de 1gr,50 et cependant on n'a trouvé que 0gr,1 de cendres dans les tiges de la série 9, tandis que celles de 8 en contenaient 0gr,150.

Si on compare le développement des racines dans les expériences où elles ont rencontré des sels de chaux, à celui qu'elles ont acquis quand elles n'ont trouvé que des sels de potasse, on arrive à cette conviction : que les sels de chaux exercent une influence particulièrement sensible sur le développement de la racine, et que c'est l'addition de sels différents de ceux qui existent dans la graine qui influent davantage sur le développement de la jeune plante.

## III

### Germination du blé.

L'une des meilleures expériences exécutées sur le blé a fourni les résultats représentés par le graphique n° II. Les grains de blé avaient été disposés, comme il a été dit déjà, entre les baguettes de verre, après qu'ils avaient commencé à germer dans de l'eau distillée. Les liquides employés ont été de l'eau distillée (1), de l'eau de fontaine (3), de l'eau distillée chargée d'une dissolution de carbonate de magnésie dans l'acide carbonique (2), un mélange d'azotate et de phosphate de potasse dans l'eau distillée (4), enfin de l'ulmate de chaux (5).

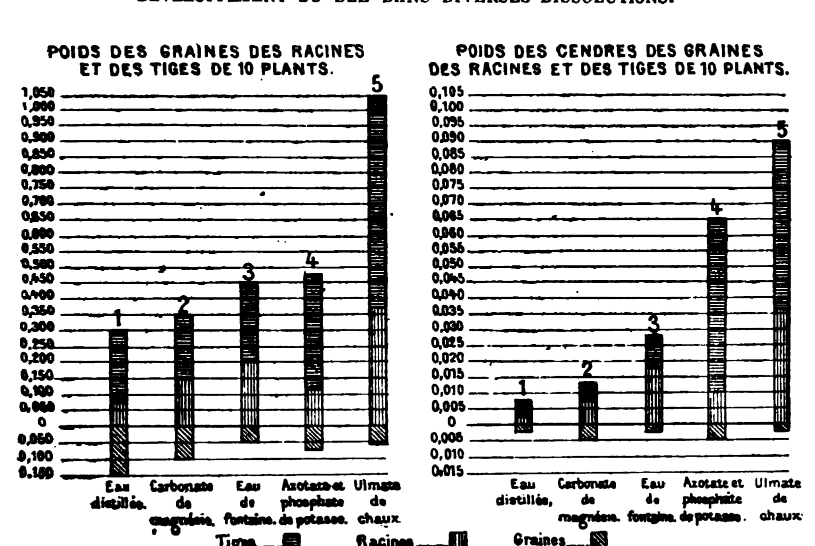
On a mis fin à l'expérience quand les jeunes plantes de l'eau distillée commençaient à se flétrir, les dix grains de blé pesaient 0gr,45 après dessication; or, on reconnaît que l'expérience a été assez prolongée pour que le blé enraciné dans l'eau distillée ait élaboré une quantité de matière suffisante pour retrouver le poids primitif des grains; la quantité de matières minérales des grains était de 0gr,01 celui qu'on a trouvé dans les jeunes plantes était un peu plus faible, l'expérience est donc régulière et la germination a eu lieu sans le concours de matières minérales étrangères.

Dans ces conditions, l'évolution s'est assez mal produite, le tiers environ du poids total est formé par les résidus de la graine, il est à

remarquer que les racines surtout sont restées très faibles; tandis que les racines du blé dans l'eau de fontaine étaient longues, bien ramifiées et assuraient une solidité complète à la plante, le froment de l'eau distillée ne présentait que rarement une stabilité suffisante et les pieds mal assujettis tombaient aisément.

Si le froment élevé dans l'eau de fontaine (3) a fait de meilleures racines que celui qui a été élevé dans l'eau distillée, les tiges n'ont pas été sensiblement plus fortes, cependant l'albumen s'était vidé

DÉVELOPPEMENT DU BLÉ DANS DIVERSES DISSOLUTIONS.




très complètement. En comparant la quantité de cendres contenue dans le froment développé dans l'eau ordinaire à celle que renferment les plantes de l'eau distillée, on voit combien l'assimilation des matières minérales a été considérable, les racines ont fixé la plus grande partie des substances salines que l'eau de fontaine leur a fourni.

Bien que le carbonate de magnésie (2) n'ait été absorbé qu'en faible proportion, son influence sur la formation des racines n'a pas été nulle, mais il n'a pas favorisé le développement des tiges.

Les deux dernières observations sont de beaucoup les plus intéressantes; il est curieux de voir que le froment enraciné dans une dissolution d'azotate et de phosphate de potasse ait absorbé plus

de $0^{gr},70$ de matières minérales, que par conséquent il renferme beaucoup plus de cendres que celui qui s'est développé dans l'eau distillée et que cependant son poids de matière sèche reste encore très faible; nous pouvons donc tirer de cette observation deux conclusions importantes : d'abord que les graines en germination absorbent avec une extrême avidité certains matières minérales qu'elles trouvent à portée de leurs racines, et en outre que ces matières minérales sont absorbées, bien qu'elles n'aient pas une utilité immédiate pour le développement de la plante.

Le froment enraciné dans la dissolution d'ulmate de chaux s'est développé avec une vigueur exceptionnelle; tandis que les nouveaux organes du blé placé dans l'eau ordinaire n'atteignaient pas $0^{gr},45$ de matière sèche; sous l'influence de l'ulmate de chaux le froment donnait $1^{gr},05$ de matière sèche; en outre, la répartition de la matière minérale entre la racine et la tige était très différente de celle que présentait le froment enraciné dans le mélange d'azotate et de phosphate de potasse, ces matières minérales en effet s'étaient surtout fixées dans la tige: la racine ne laissait que $0^{gr},010$ de cendres; quand au contraire la plante a eu à sa disposition de l'ulmate de chaux, elle a formé des racines présentant un poids de près de $0^{gr},4$ renfermant près de 10 p. 100 de matière minérale, tandis que les tiges ne renfermaient que $0^{gr},05$ de matière minérale ou seulement 8 0/0.

L'expérience 5 soulève encore la question si complexe de l'origine du carbone des végétaux, il est curieux de voir combien l'ulmate de chaux a favorisé le développement du blé, de voir que les racines et la tige ont acquis une vigueur beaucoup plus grande que lorsqu'on leur a fourni de l'azotate de potasse qui exerce cependant sur les plantes adultes une influence si décisive; nous avons essayé à diverses reprises d'apprécier par l'analyse les quantités de carbone enlevées à la dissolution par les plantes qui y étaient contenues, mais l'apparition des infiniments petits dans les liquides, la combustion que peut subir l'ulmate par le seul contact de l'air, nous ont donné des résultats trop peu constants pour que nous ayons pu arriver à une conclusion précise, et, bien que nous ayons déjà, plusieurs fois, abordé cette question de l'assimilation directe des matières ulmiques, nous ne pouvons pas encore donner des preuves décisives qu'elle se soit produite dans nos expériences.

Les résultats précédents obtenus au printemps de 1882, sem-

blaient au premier abord de nature à fortifier les conclusions qu'on avait tirées des expériences sur les lentilles, il paraissait toutefois bizarre que la chaux qui ne se rencontre qu'en quantité très faible dans les cendres de froment eût sur son développement une influence aussi sensible, et dans l'espoir d'éclairer ce fait encore douteux, on continua d'observer les germinations dans l'eau distillée et dans diverses dissolutions.

Quelques expériences disposées pendant le mois de juillet offrirent des résultats tout à fait différents des précédents; les jeunes plants étaient placés devant une fenêtre du laboratoire, exposés au soleil pendant l'après-midi, et l'eau distillée des cristallisoirs devenait souvent assez chaude : or, on fut très étonné de constater que les pieds de blé se développaient normalement et que notamment ils faisaient d'excellentes racines capables de les soutenir sur les tiges de verre, tandis que dans toutes les expériences précédentes exécutées dans l'eau distillée, les racines étaient si faibles, si courtes que les jeunes pieds de froment tombaient à la moindre agitation.

L'eau dans laquelle la germination avait eu lieu ne renfermait pas de chaux, ni de matière minérale.

Ainsi ce résultat était tout à fait contraire à ce qu'on avait observé précédemment et il nous a paru utile d'inscrire ici les chiffres obtenus.

*Blé enraciné dans l'eau distillée* 50 *plants* (30 juin).

| | Normales. | Sèches. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Poids des racines | 3.20 | 0.40 |
| — graines | 2.7 | 0.48 |
| — tiges | 5.7 | 0.60 |

*Blé enraciné.*

| | Dans l'eau distillée (30 plants). | | Dans l'eau ordinaire (30 plants). | |
|---|---|---|---|---|
| | Normales. | Sèches. | Normales. | Sèches. |
| | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Poids des racines | 1.7 | 0.230 | 7.20 | 0.500 |
| — graines | 1.4 | 0.335 | 1.80 | 0.140 |
| — tiges | 2.8 | 0.465 | 4.00 | 0.550 |
| — des organes nouveaux | 4.5 | 0.695 | 11.20 | 1.050 |

Ainsi ces expériences montraient que, si pendant les chaleurs de l'été la présence de la petite quantité de chaux que contient l'eau de

fontaine est encore favorable au développement du blé et particulièrement de ses racines, elle n'est plus indispensable, et que le blé arrive encore à produire des racines, bien qu'il n'ait pas à sa disposition d'autres matières minérales que celles qui existent dans la graine.

Il restait à découvrir la cause de résultats aussi divergents, et à chercher pourquoi le blé enraciné dans l'eau distillée donne au premier printemps des plantes chétives, incapables de se soutenir par l'insuffisance des racines, tandis qu'au contraire, il fournit des plantes plus vigoureuses quand on recommence l'expérience en été.

On ne réussit à éclairer ces résultats contradictoires qu'un peu plus tard et il convient avant d'aborder ce sujet, de décrire les expériences exécutées sur la germination des haricots.

## IV

### Germination des haricots.

Cette étude présentait un intérêt particulier, elle nous permettait de répéter les expériences de M. Boehm et celles que l'un de nous a publiées dans ce recueil même il y a plusieurs années [1].

Ces expériences de germination commencèrent à l'automne de 1881, d'abord en plein air, puis ensuite quand le mois de décembre fût arrivé, dans le laboratoire, auprès d'une fenêtre bien éclairée et donnant sur le jardin.

Les haricots employés pesaient en moyenne après dessication 1gr,043. Dans 100 grammes on eut trouvé 4gr,3 de matières minérales formées pour les 4/5es de phosphate de potasse, la proportion de chaux n'est que 2,8; le carbonate de potasse, la magnésie, et 2gr,4 de substances non déterminées forment le complément.

Quelques haricots furent semés dans de la bonne terre de jardin et dans du sable arrosé de dissolutions nutritives, ils furent examinés après un mois environ. Les plantes après dessication étaient un peu plus légères que les haricots semés; le poids de la graine avait beaucoup diminué; il formait à peu près 20 p. 100 du poids total; la tige représentait 50 et les racines 30 p. 100 de la plante entière.

En déterminant le poids de la matière minérale, on trouve qu'il a beaucoup augmenté, il est de 0gr,169 la graine n'en contenait

1. Voy. *Ann. ag.*, t. I, p. 470, t. IV, p. 321.

que $0^{gr},044$; les racines renferment 20,6 p. 100 de matières minérales, la tige 10 p. 100 et les cotylédons ont perdu plus de matière organique que de matière minérale puisqu'ils en contenaient 7,8 p. 100 au lieu de 4,3; les résultats constatés dans les haricots enracinés dans le sable sont tout à fait analogues.

Les haricots mis à gonfler dans l'eau, puis enracinés dans ce même liquide étaient soutenus par des baguettes de verre contournées en V dont les extrémités recourbées pouvaient s'appuyer sur les bords des flacons renfermant diverses dissolutions.

Les expériences furent extrêmement nombreuses, on examina l'influence de différents sels, solubles ou non, on reconnut que les sels de baryte paraissent absolument nuisibles, ceux de strontiane ne le sont pas et on peut obtenir avec du carbonate de strontiane récemment précipité et bien lavé un commencement d'évolution, les haricots s'y développent mieux que dans l'eau distillée, le carbonate de magnésie est cependant encore plus favorable que le sel de strontiane; mais de tous les sels ceux qui exercent l'action la plus décisive sont les sels de chaux. Le marbre pulvérisé favorise même l'évolution d'une façon sensible; on sait, en effet, par l'ancienne expérience de M. Sachs que des haricots enracinés dans du sable qui repose sur une plaque de marbre bien poli, envoient bientôt leurs racines jusqu'au marbre et y tracent en le dissolvant, des sillons assez profonds pour que la plaque conserve l'empreinte très nette des racines qui l'ont parcourue; nous conservons depuis longtemps au laboratoire de physiologie, une plaque de marbre ainsi gravée par les racines des haricots.

Lorsque la chaux est présentée à l'état d'ulmate, les haricots se développent très vigoureusement et nous avons eu pendant le printemps de 1881, une culture remarquable, dont nous rapporterons les principaux chiffres; cette culture avait été disposée dans l'intérieur du laboratoire à environ trois mètres d'une grande fenêtre.

Les plantes très bien développées, se sont seulement un peu allongées, comme il arrive à des végétaux de plein air soumis à un éclairage insuffisant; à côté des haricots enracinés dans l'ulmate de chaux s'en développaient d'autres alimentés par un mélange minéral formé d'azotate de potasse et de phosphate de potasse dans de l'eau ordinaire, renfermant par conséquent une quantité de chaux sensible.

L'arrachage a eu lieu le 14 juin, les plantes ayant environ deux mois de végétation. Les résultats ont été les suivants :

*Plantes alimentées par l'ulmate de chaux.*

| | |
|---|---|
| | gr. |
| Les haricots ont pesé à l'état normal................ | 84.9 |
| — — après dessiccation............ | 10.25 |
| Poids moyen d'un haricot normal............... ... | 28.3 |
| — d'un haricot après dessication......... | 3.41 |

*Plantes alimentées par le mélange minéral.*

| | |
|---|---|
| | gr. |
| Les haricots ont pesé à l'état normal................ | 52.1 |
| — — après dessication............. | 6.25 |
| Poids moyen d'un haricot normal.................. | 13.8 |
| — après dessication..................... | 1.56 |

L'influence avantageuse de l'ulmate de chaux est évidente, elle s'accuse également dans d'autres expériences. Sur six plantes développées ensemble, on trouva encore que celles qui avaient végété dans l'ulmate de chaux, présentaient le poids le plus élevé de tous ceux qu'on a obtenu, il fut notablement plus fort que celui qu'a fourni l'azotate de chaux, les cotylédons se sont mieux vidés, les tiges sont plus hautes et plus fortes, les racines présentent surtout un poids considérable.

Si nous comparons les cendres dans les divers organes des haricots élevés dans l'ulmate au poids laissé par les organes correspondants des plantes élevées dans l'azotate de chaux, nous trouvons des poids sensiblement égaux pour les tiges et les cotylédons, mais notablement supérieurs pour les racines qui laissent 14 pour 100 de matières minérales au lieu de 6.

Ainsi, bien que la chaux ait été fournie dans les deux cas sous une forme assimilable, la nature de l'acide paraît avoir une influence, et l'ulmate de chaux semble plus favorable à la croissance des haricots que l'azotate.

Les haricots enracinés dans l'eau ordinaire tenant en dissolution 5 grammes par litre d'azotate de potasse se sont très mal développés, et bien que la chaux ne fît pas plus défaut que lorsque les racines plongeaient dans l'eau ordinaire, le poids obtenu fut très faible, analogue à celui qu'on observa pour les plantes de l'eau distillée.

Ces dernières expériences présentant un intérêt particulier, nous donnerons les chiffres obtenus pour trois haricots développés dans l'eau distillée pendant l'automne de 1881.

| | Haricot n° 1. | | Haricot n° 2. | | Haricot n° 3. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges après dessication........ | 0.205 | | 0.265 | | 0.175 | |
| Cotylédons après dessiccation.. | 0.535 | | 0.485 | | 0.400 | |
| Racines après dessication..... | 0.070 | | 0.110 | | 0.040 | |
| | 0.810 | | 0.860 | | 0.615 | |
| | | p. 100 de matière sèche. | | p. 100 de matière sèche. | | p. 100 de matière sèche. |
| Cendres dans les tiges........ | 0.025 | 12 | 0.020 | 7.5 | 0.015 | 8.5 |
| Cendres dans les cotylédons... | 0.035 | 6.5 | 0.020 | 4.1 | 0.015 | 3.7 |
| Cendres dans les racines...... | 0.015 | 21.1 | 0.010 | 9.1 | 0.010 | 25.0 |
| | 0.075 | | 0.050 | | 0.050 | |

Le poids de chacune de ces plantes est inférieur à celui de la graine dont elles proviennent; en outre, dans les trois cas, les cotylédons ont conservé un poids supérieur à celui de la tige et de la racine réunies. Un haricot normal devrait renfermer 45 milligrammes de matière minérale, on voit que les chiffres trouvés pour les cendres se rapprochent du nombre probable, sauf que le n° 1, qui présentait sans doute un poids un peu plus fort que la moyenne, renferme un peu plus de cendres que les autres graines employées. L'aspect des plantes était bien au reste celui qu'a décrit M. Bœhm, le renflement de l'axe hypocotylé était particulièrement remarquable; les racines étaient très petites, très courtes, leur poids n'est que le tiers de celui de la tige, tandis que dans les plantes normales élevées dans l'eau ordinaire, les racines ont un poids qui représente les deux tiers de celui de la tige.

Il est certain que la pénurie de la matière minérale est bien la cause de l'avortement des haricots de cette série, qui ne peuvent pas employer les réserves accumulées dans les cotylédons, en effet, ces cotylédons conservent en moyenne la moitié de leur poids primitif, tandis que nous avons vu que dans des conditions normales ce poids était réduit au cinquième de ce qu'il était avant la germination. Il semblerait, d'après les observations précédentes, que l'absence de matière minérale, de la chaux particulièrement, étant la cause de l'avortement des jeunes plantes, cet avortement n'a lieu qu'après l'épuisement des provisions que renferme l'albumen; il devenait dès lors intéressant de rechercher comment cette

matière minérale a été utilisée. Or, nous constatons avec étonnement, que les cotylédons ou bien conservent leur proportion de matière minérale, ou même ont perdu un peu plus de matière végétale que de matière minérale ; en effet, dans les haricots n° 2 et n° 3, les cotylédons ont à peu près la richesse en cendres de la graine primitive, et dans le n° 1 la proportion s'élève à 6gr,5 tandis qu'elle était de 4gr,3 dans la graine; enfin, chose singulière, les racines renferment une proportion énorme de matière minérale, 25 p. 100 dans un cas, 21 p. 100 dans l'autre, dans un seul cas la proportion tombe à 9 p. 100. Ainsi, malgré son abondance relative, la matière minérale contenue dans la graine ne suffit pas pour déterminer l'évolution de la jeune plante, et bien que la racine contienne dans un cas le 1/4 de son poids de cendres, le 1/5 dans l'autre, elle reste petite, courte, et le développement s'arrête ; il paraît clair que la nature de la matière minérale a une influence marquée sur le développement de cet organe et que les réserves minérales accumulées dans la graine ne suffisent pas pour déterminer l'évolution complète de la jeune plante.

L'examen des plantes enracinées dans l'eau de fontaine démontre au contraire que les sels qu'elle renferme déterminent une végétation régulière; les plantes présentent un développement normal, le poids de la tige est analogue à celui qu'on trouve dans la bonne terre, le poids des racines est cependant un peu plus faible, leur aspect était au reste tout à fait particulier : très longues, très abondantes, très déliées, au lieu de s'arrêter au goulot du flacon dans lequel elles plongeaient comme dans le cas de l'eau distillée, elles remplissaient au contraire presque complètement le liquide; au lieu de n'avoir que les feuilles primaires, les tiges s'étaient garnies de feuilles secondaires, et le développement eût certainement continué si on n'eut mis fin à l'expérience.

L'analyse démontre que la quantité de matière minérale nécessaire à cette évolution normale est peu considérable. Si nous supposons que les graines renfermaient 50 milligrammes de matière minérale, il suffirait d'une addition de 49 milligrammes de sels pour que la vie pût suivre son cours régulier; les cotylédons des plantes élevées dans l'eau ordinaire renferment 23 milligrammes de cendres comme dans le cas de l'eau distillée, mais les tiges en contiennent 41 au lieu de 20 et les racines 35 au lieu de 11; toutefois, comme le poids des racines est devenu assez considérable, la

proportion centésimale a baissé, elle n'est plus que de 12 à 8 p. 100.

L'examen de cette seconde série d'expériences semblaient donc confirmer, de la façon la plus complète, les faits annoncés par M. Boehm il y plusieurs années : « la végétation du haricot d'Espagne suit son cours régulier quand il plonge ses racines dans l'eau de fontaine légèrement chargée de chaux. »

On peut déduire avec certitude que la chaux parait être de toutes les matières minérales la plus favorable à l'évolution des haricots, nous étions arrivés à des conclusions semblables à celles-ci pour le blé et pour les lentilles, mais il restait à reconnaître si elle était *nécessaire*, ou si, en variant les conditions d'expériences, nous ne réussirions pas à faire végéter des haricots dans l'eau distillée comme nous y avions réussi pour le froment.

Or, nous avions été très frappés, à diverses reprises, d'un fait fort important déjà signalé plus haut. Quand un haricot périt dans l'eau distillée, il arrive souvent qu'il est loin d'avoir épuisé la chaux contenue dans l'albumen; enfin, si, très habituellement, les haricots enracinés dans l'eau distillée avortent, de temps à autre on réussit à les élever. L'un de nous, il y a plusieurs années, avait obtenu des haricots bien développés dans une dissolution de sel marin, absolument exempte de chaux; il restait donc de nouveaux essais à tenter pour tâcher de préciser à quelles causes il convient de rapporter les insuccès habituels, les rares réussites de développement des jeunes plantes enracinées dans l'eau distillée.

## V

### Influence de la température sur le développement des grains germant dans l'eau distillée.

L'expérience exécutée pendant l'été de 1882 sur le blé, qui avait montré la possibilité de le faire vivre dans l'eau distillée, nous paraissait de nature à modifier nos opinions sur la nécessité des sels calcaires dans la germination, et en y réfléchissant à diverses reprises, l'idée nous vint de rechercher si en exposant nos graines à l'action d'une température élevée comme celle qu'elles avaient atteinte pendant l'été nous ne réussirions pas à les voir évoluer dans l'eau distillée.

Pour vérifier cette hypothèse, on plaça des grains de blé, d'avoine de haricots dans l'eau distillée et, pour éviter toutes les causes

d'erreur dues aux apports de poussières atmosphériques les grains furent disposés dans des flacons habituellement bouchés; les flacons furent introduits dans une étuve dont la température resta fixée entre 30 et 35°. Dans ces nouvelles conditions on put reconnaître que le blé, l'avoine, les haricots faisaient toujours des racines, et souvent évoluaient normalement sans recevoir aucune proportion de matière minérale extérieure.

On examina notamment avec beaucoup de soin un haricot qui avait formé 1gr,07 de tiges et de racines sèches, ces organes furent brûlés, ils ne renfermaient pas une trace de chaux; il y en avait au contraire dans les cotylédons non encore complètement vidés; l'eau était elle-même exempte de chaux.

Le 23 décembre, on mit fin à la germination du blé qui s'était développé; à l'essai, on obtint pour trente-trois plants les poids suivants:

*Blé enraciné dans l'eau distillée.*

| | Normales. | Sèches. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Poids des racines............... | 1.4 | 0.160 |
| — graines.............. | 1.00 | 0.170 |
| — tiges................. | 2.70 | 0.300 |

Depuis cette époque la même expérience a été répétée à diverses reprises et toujours avec un plein succès.

Nous trouvions là l'explication du fait qui nous avait frappé pendant l'été dernier et dont nous avions à cette époque cherché en vain la cause.

Ainsi, quand on élève la température des graines en germination, on réussit souvent à les voir donner naissance à de jeunes plantes qui se développent normalement quand bien même elles n'ont à leur disposition aucune trace de matières minérales étrangères. Il en faut conclure, que la chaux étrangère n'est pas nécessaire à la constitution des tissus des jeunes plantes en germination; cependant la chaux exerce sur le développement de ces jeunes plantes une action marquée, puisque nous avons toujours vu la germination suivre une marche régulière à de basses températures quand la graine a été enracinée dans de l'eau de fontaine, et que, même à une température plus élevée, l'évolution dans l'eau distillée n'est pas toujours assurée : il arrive souvent que les haricots

font de bonnes racines, mais que les tiges périssent, il en apparaît de nouvelles qui noircissent bientôt et l'évolution s'arrête, tandis qu'elle continue dans l'eau de fontaine. Il suffit toutefois d'avoir réussi à élever des plantes dans l'eau distillée pour qu'on puisse admettre que l'addition de la chaux si utile qu'elle soit n'est pas indispensable à l'évolution.

Il reste donc à rechercher quel est son mode d'action. Cette étude est poursuivie actuellement et nous espérons être en mesure d'indiquer prochainement à quelle cause il convient de rapporter son influence dans la germination.

De la première partie de nos recherches, on peut tirer les conclusions suivantes.

1° — Pendant la première partie de leur développement les jeunes plantes absorbent une quantité considérable de matières minérales.

2° — Elles absorbent même, en quantités notables, des substances minérales qui ne paraissent avoir aucune influence avantageuse sur leur développement.

3° — De toutes les matières minérales employées, la chaux est celle qui exerce l'influence la plus avantageuse.

En effet, des graines mises à germer dans de l'eau de fontaine évoluent normalement à la température ordinaire, tandis qu'elles ne se développent que très mal dans l'eau distillée. L'influence heureuse des sels de chaux est particulièrement sensible sur le développement de la racine.

4° — La forme sous laquelle la chaux est présentée est loin d'être indifférente, elle exerce une action sensiblement plus avantageuse quand elle est combinée à l'acide ulmique que lorsqu'elle est unie à l'acide azotique, comme si cet acide ulmique concourait directement à la nutrition de la jeune plante.

5° — Cependant, on ne peut pas admettre que l'addition de chaux étrangère à la graine soit *nécessaire* à l'évolution de la jeune plante, car en exposant des graines placées dans l'eau distillée à une température de 30 à 35°, on les voit souvent se développer normalement sans qu'on puisse déceler de chaux dans les organes nouvellement formés.

---

# TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

## Couleur et Assimilation

PAR M. TH.-W. ENGELMANN[1]

### I. — L'assimilation n'a lieu que dans les particules colorées du protoplasma.

Depuis qu'Ingenhousz, en 1779, a établi par ses expériences que les parties vertes des plantes seules sont capables de déphlogistiquer l'air fixe, c'est-à-dire de dégager de l'oxygène dans une atmosphère chargée d'acide carbonique, les relations de cause à effet entre la chlorophylle et l'assimilation n'ont guère été contestées. Il est vrai que certaines feuilles colorées autrement qu'en vert assimilent, mais on ne tarda pas à montrer que dans ces feuilles ou même dans les algues brunes ou bleuâtres, la matière verte est masquée par une autre matière colorante. N'ayant jamais pu voir un dégagement d'oxygène par des plantes ou par des parties de plantes incolores, on était en droit d'admettre que l'assimilation est étroitement liée à la présence de la matière colorante, ou plus spécialement, de la chlorophylle.

Ce n'est que dans les derniers temps que de nouveaux doutes ont été émis à ce sujet. On se rappelle en effet, que M. Pringsheim attribue à la chlorophylle le rôle d'un simple écran protecteur. Selon cet observateur, les rayons lumineux provoqueraient dans le plasma incolore, à la fois assimilation et une respiration très intense, si intense même que le dégagement d'oxygène ne peut avoir lieu que lorsque la lumière, en traversant la chlorophylle, s'est dépouillée de certains rayons. Quelque étrange que cette théorie puisse paraître, il faut convenir qu'on n'a pas encore démontré expérimentalement que, dans les cellules vertes, les grains de chlorophylle seuls sont le siège de l'assimilation du carbone. Il n'aurait pas été absurde de croire, par exemple, que les grains de chlorophylle ne jouent qu'un rôle secondaire en produisant une matière, qui, mêlée au protoplasma, rendrait celui-ci apte à décomposer l'acide carbonique. Le pigment contenu dans l'organe de la vision jusque chez les animaux les plus dégradés, est bien aussi

1. Farbe und Assimilation. Bot. Zeit., 1883. — N[os] 1 et 2. — Traduction abrégée.

constant que la chlorophylle dans les cellules assimilatrices, quoiqu'il ne soit pas la partie réellement sensible.

Il était donc tout indiqué d'étudier le plasma vivant incolore à l'aide des bactéries[1], dont les mouvements dévoilent la présence d'une quantité d'oxygène tellement petite qu'elle approche des limites assignées au poids de la molécule d'oxygène; certains *micrococcus* peuvent décéler environ un trillionnième de milligramme. Si le plasma incolore décomposait l'acide carbonique il devrait dégager, au moins de temps en temps, de petites quantités d'oxygène qui seraient aussitôt mises en évidence par les bactéries. Or, toutes les expériences ont donné un résultat négatif. J'ai examiné, dans ce but, les cellules parenchymateuses des feuilles albinos de l'érable et du lierre, les cellules des pétales, les poils des étamines du *Tradescantia*, les poils radicaux de l'*Hydrocharis*, les filaments mycéliens de différents champignons, le plasmodium du *Didymium Serpula*, les parties incolores du plasma de différentes espèces de *Spirogyra*, de *Mesocarpus*, de *Zygnema*, de *Callithamnion*, des amibes, des infusoires et différentes autres cellules animales. Après chaque expérience, la sensibilité des bactéries employées a été contrôlée au contact d'une cellule verte. On a fait varier à l'infini l'intensité et la couleur de la lumière, on s'est servi de l'objectif micro-spectral que j'ai décrit dans un mémoire précédent; enfin on a essayé l'écran de M. Pringsheim, en interposant entre la source lumineuse et l'objet, soit une feuille verte et vivante, soit une solution de chlorophylle.

Dans aucun cas on n'a pu observer le dégagement de la moindre trace d'oxygène par le protoplasma incolore, tandis que le plus petit corpuscule de chlorophylle en dégage très visiblement. L'expérience est surtout très frappante lorsqu'on projette simultanément dans le champ du microscope deux cercles lumineux dont l'un reçoit une partie verte, l'autre une partie incolore d'une cellule de *Spirogyra*, de *Mesocarpus*, de *Zygnema*, de *Callithamnion*, etc., les bactéries s'accumulent en tourbillonnant autour des parties vertes, mais autour des parties incolores tout reste aussi désert et aussi immobile que dans l'obscurité la plus complète, même si on fait passer la lumière à travers une feuille verte ou une solution de chlorophylle.

1. Voyez *Ann. agron.*, tom. VIII, pag. 461 et 463.

Il est donc démontré, par la méthode des bactéries : *Que les cellules colorées seules et dans celles-ci, les particules plasmiques colorées seules, dégagent de l'oxygène à la lumière.*

II. — Relations entre l'absorption de la lumière et l'assimilation.

Mes recherches antérieures ont montré que pour les cellules vertes, les rayons les plus actifs sont situés dans le rouge entre les raies de Frauenhofer B et C, dans le bleu près de la raie F ; ce sont là précisément les rayons surtout absorbés par la chlorophylle ; j'ai été amené ainsi à me demander si la même relation entre l'absorption de la lumière et l'assimilation existe également pour les cellules contenant un plasma coloré autrement qu'en vert. Quelques essais faits sur des Diatomées brunes et des Oscillariées bleues ont donnés des résultats affirmatifs, mais je n'ai pas insisté autant que je l'aurais voulu sur cette question fondamentale, parce que mes expériences ne me semblaient pas être assez nombreuses et que je n'avais pas eu l'occasion d'opérer sur des algues rouges.

Il s'agissait de combler cette lacune. Pour cela je me suis servi de la méthode des observations successives que j'ai décrite dans un mémoire précédent[1]. Quoique l'absorption de la lumière par ces différentes matières fût connue, j'ai tenu à la vérifier sur les cellules elles-mêmes, parce qu'il s'agit, en somme, de comparer le dégagement de l'oxygène à l'absorption des rayons par le pigment vivant qui n'est pas toujours identique avec celle des pigments morts dont on s'est servi ordinairement pour les études spectro-analytiques.

Ces recherches ont porté sur des cellules vertes, brunes (diatomées), bleu-verdâtre (oscillariées) et rouges (floridées). Pour la plupart d'entre elles, la courbe de l'assimilation a été établie dans le spectre solaire et dans celui d'une flamme de gaz constante ; l'état peu favorable du ciel hollandais m'a empêché d'étudier les floridées autrement qu'à la lumière du gaz.

Les résultats de cette longue série de mesures sont les suivants[2] :

1. Cellules vertes (*Sphagnum*, *Cladophora*, *Bulbochæte*, *Œdogonium*, *Mesocarpus*, *Spirogyra*, *Zygnema*, *Vaucheria*, *Ankistrodesmus*, *Scenodesmus*, *Colacium*, *Euglena*, etc.).

1. Voyez : *Ann. agron.* l. c.

2. L'auteur les résume dans un grand tableau pour lequel nous sommes obligé de renvoyer le lecteur à l'original.

a). *Lumière solaire*. Premier maximum entre les raies B et C (extrémité droite du rouge) (100), second maximum à la raie F (bleu) : (86,1).

b). *Lumière du gaz* : Premier maximum entre les raies B et C (100), second maximum entre F et G (bleu, plus près du violet) (18,8).

2. CELLULES BRUNES (*Melosira, Navicula, Pinnularia*).

a). *Lumière solaire* : Premier maximum (le plus faible), entre B et C (94,6), second maximum entre D et E (100) (jaune-vert).

b). *Lumière du gaz :* Maximum unique entre B et C (100)

3. CELLULES VERT-BLEUATRE (*Oscillaria, Nostoc*).

a). *Lumière solaire* : Maximum unique à la raie D (jaune).

b). *Lumière du gaz* : Maximum unique, entre C et D (orangé).

4. CELLULES ROUGES (*Callithamnion, Ceramium*).

*Lumière du gaz* : Premier maximum entre D et E, second maximum (très faible, mais probablement beaucoup plus fort au soleil) à la raie F (19,7).

On voit de suite, en examinant ces chiffres, que l'action des rayons très réfrangibles est beaucoup plus forte au soleil qu'au gaz.

Si on traduit les chiffres du tableau [1] par des courbes et qu'au-dessous de chacune de ces courbes on trace celle de l'absorption des différents rayons du spectre, on est frappé de la coïncidence tout à fait générale de ces deux courbes.

Pour les cellules vertes, le maximum absolu de l'assimilation, situé dans le rouge entre B et C, correspond à la première et à la plus forte bande d'absorption de la chlorophylle, tandis que l'extrême rouge, peu absorbé, n'agit que faiblement. Le minimum, dans le vert entre E et C, coïncide avec le minimum du coefficient d'absorption ; le second maximum très fort, dans le bleu, à la raie F, tombe sur le commencement de la grande absorption de l'extrémité droite du spectre.

Pour les cellules brunes, le premier maximum, très fort, dans le rouge, entre B et C correspond à la première bande d'absorption, le minimum dans l'orangé et le jaune, à la plus grande transparence de ces cellules ; le maximum absolu tombe dans le vert entre D et E, rayons également très fortement absorbés. A partir de ce point, l'assimilation baisse très lentement ; en effet les rayons bleus et violets sont fortement absorbés.

1. Donné par l'auteur.

Pour les cellules bleues, les rayons peu réfrangibles, fortement absorbés, agissent énergiquement sur l'assimilation, mais le maximum se trouve dans le jaune; les rayons verts et bleus, peu absorbés, n'ont qu'une faible action sur l'assimilation.

Enfin, pour les cellules rouges des floridées, nous trouvons le maximum de l'assimilation dans le vert, couleur la plus fortement absorbée par la phycoérythrine; le minimum est dans le rouge entre C et D; un second maximum, dans le bleu, à la raie F correspond à une absorption un peu plus forte de ces rayons.

Il est donc bien établi *que les rayons lumineux agissent d'autant plus fortement sur l'assimilation qu'ils sont plus fortement absorbés.*

M. Timiriazeff avait déjà trouvé, en se servant d'étroites feuilles de bambou, que le maximum se trouve dans le rouge. J'ai fait voir comment il faut expliquer les résultats que Draper, M. Sachs et M. Pfeffer ont obtenus en opérant, par les méthodes anciennes, sur des objets plus moins ou volumineux.

Conclusions diverses. — Ces recherches indiquent que dans le règne végétal il existe, outre la *chlorophylle*, *une série d'autres matières colorantes qui jouent le même rôle dans l'assimilation.* On n'a pas le droit d'admettre, comme on le fait généralement, que là où on ne voit pas la matière verte, elle est masquée par une autre matière colorante inerte au point de vue de l'assimilation, car si cela était, cette autre matière colorante agirait comme un écran coloré qui abriterait la chlorophylle contre les rayons absorbés par cette matière : les rayons verts, absorbés par la matière colorante des algues rouges devraient agir moins énergiquement que sur les cellules vertes, les rayons jaunes devraient moins agir sur les cellules bleues que sur les cellules vertes, les rayons bleus devraient agir plus fortement sur les cellules bleues que sur les cellules vertes : or, c'est tout le contraire qui a eu lieu : *ce sont toujours les rayons complémentaires de la couleur des plantes qui agissent le plus fortement.* Je propose de réunir sous le nom de *chromophylles* ces matières colorantes assimilatrices. Peu importe que ces matières soient des combinaisons chimiques ou des mélanges : le physiologiste doit s'occuper, avant tout, de la matière colorante vivante contenue dans les cellules et non des différents corps qu'on peut isoler par des procédés chimiques.

On peut se demander si les chromophylles différents de la chloro-

phille, agissent en principe de la même manière que celle-ci, s'ils ne sont simplement qu'une autre fonction de la longueur d'onde en absorbant et en utilisant des rayons d'une autre couleur. Il paraît que la chlorophylle caractérisée par la forte bande d'absorption entre B et C, coexiste toujours avec les autres chromophylles; il serait donc bien naturel de lui attribuer des fonctions fondamentales dans l'assimilation, tandis que les autres matières colorantes ne seraient que des sensibilisateurs destinés à absorber au profit de la chlorophylle certains rayons lumineux, matières semblables à celles qui, de même que la chlorophylle, influent sur la décomposition des sels d'argent, semblables, en outre, aux matières colorantes contenues dans l'œil, et qui absorbent les rayons colorés sans être directement sensibles à l'impression lumineuse.

Mais la chlorophylle se trouve en si petite quantité dans les floridées que son action est presque nulle; il serait donc plus logique d'admettre que tous les chromophylles travaillent de la même manière, comme sensibilisateurs. Le stroma incolore du grain de chromophylle serait ainsi comparable à la plaque photographique, dont la sensibilité, pour les différentes longueurs d'onde, dépendrait des propriétés optiques des matières colorantes.

Quelques auteurs ont pensé que la chlorophylle est le premier produit de l'assimilation, et M. Pringsheim lui-même, ne croit pas que cela soit impossible. Mes recherches sur les relations entre la longueur d'onde et l'énergie assimilatrice me semblent prouver d'une manière nouvelle et irréfutable que cela ne peut pas être. Comment, en effet, la couleur du produit pourrait-elle déterminer l'énergie du phénomène auquel ce produit doit son existence? Soutiendrait-on que les mêmes longueurs d'onde qui sont absorbées par la matière colorante, en déterminent la formation? Une telle relation n'est prouvée pour aucune matière colorante; on sait même, par les recherches de M. Sachs, que la formation de la chlorophylle n'est pas toujours liée à l'action de la lumière.

*Distribution des algues suivant la profondeur de l'eau.* — Œrsted[1] distingue dans la mer quatre régions de profondeur, caractérisées par la couleur des plantes et des animaux.

Quoiqu'une telle division n'ait rien de constant, elle repose pourtant sur un fond de vérité incontestable. Les algues vertes

1. *De regionibus marinis*. Diss. inaug. Hauniæ, 1844.

sont limitées à la surface, les algues rouges dominent dans les régions profondes, M. G. Berthold [1], dans une étude récente sur la distribution des algues dans le golfe de Naples, affirme que la végétation des récifs ombragés, des grottes et des grandes profondeurs se distingue immédiatement par sa couleur rouge, mais comme ses devanciers, il attribue cette particularité à l'intensité de l'éclairage.

Mais il est hors de doute qu'en même temps que l'intensité, la qualité de la lumière est influencée par l'épaisseur de la couche d'eau qu'elle a traversée; déjà à une faible profondeur l'eau paraît verte ou vert-bleuâtre. Le spectre obtenu avec un rayon solaire qui a traversé un tube de 14 mètres de longueur rempli d'eau [2], n'a plus de rouge et peu de jaune; le maximum d'intensité lumineuse est dans le vert, comme les rayons rouges sont précisément les plus actifs pour les plantes vertes, il est clair, qu'à une profondeur même médiocre, ces végétaux sont moins bien partagés que les algues rouges pour lesquelles les rayons verts sont les plus énergiques.

Les algues rouges remportent la victoire sur les autres dans la lutte pour l'existence à de grandes profondeurs ou dans les endroits (grottes bleues, etc.), où la lumière n'arrive qu'après avoir traversé une grande épaisseur d'eau.

Des exceptions isolées ne sauraient infirmer cette règle, et en particulier la présence de floridées dans des endroits superficiels mais ombragés du golfe de Naples pourrait bien dépendre de la couleur bleu foncé du ciel d'Italie.

Les algues jaunes et brunes doivent, par leurs propriétés optiques, se placer entre les plantes vertes et les algues rouges, ce qui est en effet le cas; quant aux algues bleu-verdâtre elles vivent à la surface.

1. *Mittheil. aus der Zool. Station* zu Neapel, III, 1882, p. 415.

2. F. Boas. *Beiträge zur Erkenntniss der Farbe des Wassers*. Inaug. Diss., Kiel. 1881. — Voyez également les travaux de *Wild*, *Forel*, *Schœnn*, *Atiken*, etc. *M. Vogel* (*Annal. d. Phys. u. Chemie*, CLVI 1875. p. 325) a trouvé que la lumière de la grotte bleue de Capri ne renferme pas de rouge, peu de jaune; la raie D y est à peine visible, le vert, le bleu et l'indigo sont au contraire très brillants; les raies E et B sont confondues en une large bande. Voyez aussi une conférence de M. Spring dans la *Revue scientifique* du 10 février 1883.

**Recherches sur la présence des acides formique et acétique dans les plantes et le rôle physiologique de ces corps**

PAR M. E. BERGMANN[1].

*Les Annales Agronomiques* ont donné le résumé d'un travail de M. Reinke sur la composition chimique du protoplasma de *l'Æthalium septicum.* Ce singulier végétal appartient à la famille des Myxomycètes; il est dépourvu de membrane cellulosienne à l'état végétatif et consiste uniquement en une masse assez volumineuse de protoplasma douée de mouvements amiboïdes et qu'on trouve rampant sur les dépôts de tan dans les tanneries. C'était évidemment là le seul végétal qui pût fournir du protoplasma libre en assez grande quantité pour qu'il fût permis d'en faire l'analyse immédiate. On a vu que la liste des corps qu'on y a trouvés est fort longue. La première tâche des physiologistes sera de rechercher quels sont les corps qui font essentiellement partie du protoplasma et quels sont ceux qui ne s'y trouvent qu'accidentellement.

Parmi les premiers paraissent se trouver l'acide formique et l'acide acétique, et l'auteur se propose de rechercher ces acides dans différents végétaux et de voir quel rôle ils jouent dans la mutation des principes dans l'organisme végétal. Ce travail se divise donc en deux parties dont la première traite la physiologie chimique comparée, la seconde la physiologique pure.

Voici de quelle manière l'auteur procède pour extraire ces acides des parties végétales. Ces parties hachées sont épuisées par l'eau additionnée de carbonate de soude afin de retenir les acides libres; l'extrait est évaporé à consistance sirupeuse, repris par l'eau, traité par une petite quantité d'acide phosphorique, sulfurique ou tartrique, chauffé et soumis à la distillation.

Pendant cette opération il faut prendre garde de trop concentrer les liqueurs parce que le sucre par exemple, chauffé avec de l'acide sulfurique, de l'acide oxalique ou de l'acide tartrique, ou même le sucre seul, dégage de l'acide formique au moment où il brunit. Cette cause d'erreur à pu être facilement évitée puisqu'il ne s'agissait que d'une analyse qualitative.

Concurrement avec cette méthode, l'auteur se servait de l'appareil de M. Schlœsing pour le dosage de l'acide acétique, et dont on

1. Bot. Zeit., 1882, n^os 43 et suivants.

trouvera la description dans le manuel de M. Grandeau (page 204). La liqueur distillée qu'on obtient de cette manière est légèrement acide; on la neutralise avec du carbonate de soude, on l'évapore à siccité au bain-marie, le résidu repris dans une petite quantité d'eau est traité par l'acide tartrique et soumis à une nouvelle distillation.

L'acide formique a été mis en évidence par la réduction du nitrate d'argent et par le nitrate de protoxyde de mercure ou l'oxyde rouge de mercure qui donne des lames cristallines de formiate de protoxyde peu solubles dans l'eau. Mais avant, il fallait s'assurer de l'absence d'autres matières volatiles capables de réduire le nitrate d'argent, ce qui était facile en essayant la liqueur distillée neutralisée par le carbonate de soude. Lorsque cette liqueur réduit, il suffit de l'évaporer fortement pour chasser ces matières.

Pour rechercher l'acide acétique, il faut d'abord détruire l'acide formique soit par la réduction du sel d'argent, soit par le permanganate de potasse qui laisse l'acide acétique intact[1]. Après destruction de l'excès de permanganate par la solution d'indigo, la liqueur est traitée par l'acide tartrique et distillée. La solution ne renfermant plus que l'acide tartrique est évaporée, traitée par l'acide sulfurique et chauffée; l'acide acétique est reconnaissable par son odeur, une autre partie traitée par l'alcool et l'acide sulfurique, dégage de l'éther acétique; une troisième partie neutralisée par l'ammoniaque prend une coloration rouge foncé par le perchlorure du fer; enfin pour éviter une confusion avec les acides propionique et butyrique on a dosé la baryte dans le sel de baryte obtenu par cristallisation.

Voici les conclusions de ce travail.

1. Les acides formique et acétique se rencontrent dans le protoplasma de toutes les plantes examinées; ils sont répandus dans tous les organes, dans les cellules incolores aussi bien que dans les tissus verts.

2. Ces acides doivent être considérés comme des produits constants de la transformation des principes immédiats.

3. Il est probable que plusieurs autres acides de la série grasse, tels que les acides propionique, butyrique, caprique, etc., sont également répandus dans tout le règne végétal.

1. *Annalen der Chemie u. Pharmacie*, suppl. 6.

4. La quantité des acides volatils augmente dans les plantes cultivées à l'obscurité.

5. Ces acides sont donc des produits de la métamorphose régressive.

6. Ils ne s'accumulent pas dans une plante élevée à l'obscurité mais à une température inférieure au minimum nécessaire à l'accroissement.

7. Il paraît donc que la formation de ces acides ne dépend pas directement de la respiration.

8. Il faut les considérer surtout comme les produits de dédoublement de l'un des principes constituants du protoplasma.

## Sur la réaction chimique du protoplasma vivant

PAR M. O. LŒW[1].

Il y a un an MM. Lœw et Bokorny[2] ont publié un travail étendu sur la différence chimique entre le plasma vivant et le plasma mort. Cette différence consiste en ce que le plasma vivant réduit les solutions très étendues de sels d'argent, tandis que la même matière, morte, reste sans action. Les idées des auteurs ont été accueillies avec méfiance par un grand nombre de physiologistes qui n'ont pas manqué de leur reprocher de vouloir exprimer l'essence de la vie par des formules chimiques. Les auteurs attribuent en grande partie cet insuccès à l'ignorance des botanistes en chimie organique : cette ignorance irait jusqu'à leur faire confondre un *groupe aldéhyde* avec un *groupe d'aldéhydes*. Le plasma vivant jouit en effet de propriétés aldéhydiques, c'est-à-dire qu'il renferme le groupe CHO, dans lequel l'oxygène électronégatif et l'hydrogène électropositif sont simultanément liés à du carbone, malgré leur affinité réciproque, d'où résultent des vibrations atomiques très violentes ; une telle combinaison doit être extrêmement instable, de sorte que les matières étrangères peuvent la détruire avec la plus grande facilité. Ces vibrations peuvent se transmettre aux atomes d'autres corps et le groupe CHO devient ainsi un véritable ferment chimique dans le sens de M. Nægeli[2].

Sans insister davantage sur ces théories sur lesquelles nous

1. *Bot. Zeit.*, 1882, col. 827.

2. Die chemische Kraftquelle im lebenden Protoplasma, Munich, avec 2 planches coloriées.

aurons certainement à revenir, car elle vont provoquer bien des contestations, ajoutons que la nature aldéhydique du plasma n'a rien à faire à l'aldéhyde volatil que plusieurs auteurs ont réussi à extraire de différentes plantes. On aurait tort de croire qu'un groupe aldéhyde doit être un corps volatil, odorant, soluble dans l'éther et dans l'alcool. L'auteur considère l'albumine comme un produit condensé de l'aldéhyde aspartique, de même que le sucre en est un de l'aldéhyde formique.

## Observations sur la fumure des vignes

PAR LE PROFESSEUR Dr PAUL WAGNER ET LE Dr C. STÜNKEL[1].

Il ne faut à la vigne qu'une quantité d'acide phosphorique et de potasse, moitié plus petite que celle qui est nécessaire aux autres plantes cultivées. Néanmoins, on lui donne souvent beaucoup plus d'engrais qu'aux autres cultures. De nombreuses analyses ont démontré que le produit de la vigne en raisin, bois, sarment, ne contient pas la moitié de l'acide phosphorique et de la potasse d'une fumure modérée et cependant d'habiles cultivateurs sont d'avis qu'on ne donne pas assez d'engrais à la vigne, et qu'on obtient une meilleure récolte en ajoutant des engrais commerciaux au fumier de ferme.

Les auteurs du mémoire se sont proposé de vérifier, par des expériences faites avec le plus grand soin, ce qu'il pouvait y avoir de fondé dans cette opinion des vignerons. Ils se sont demandé si l'on peut obtenir une récolte meilleure en quantité et en qualité en ajoutant à la fumure ordinaire de l'acide phosphorique, ou de l'acide phosphorique additionné de potasse, ou de l'acide phosphorique additionné de potasse et de sels azotés.

Les expériences furent faites pendant plusieurs années dans cinq localités différentes situées dans la vallée du Rhin.

On opérait généralement de la façon suivante : Un terrain de composition uniforme, couvert d'une vigne plantée régulièrement était choisi. On le divisait en vingt parcelles de même grandeur, et dans chaque parcelle on choisissait un nombre égal de plants, en laissant de côté les plants faisant la limite entre deux parcelles. De la sorte, les engrais fournis aux plants d'une parcelle ne pou-

1 Die landwirthschaftlichen Versuchs-Stationen, Band XXVIII, Heft II.

vaient pas exercer d'influence sur les plants de la parcelle voisine.

Avec ces vingt parcelles on faisait cinq groupes, de quatre parcelles chacun, les quatre parcelles étant symétriquement distribuées sur tout le champ.

Deux groupes restèrent sans engrais. Le troisième groupe reçut de l'acide phosphorique sous forme de superphosphate des os, le quatrième groupe reçut l'acide phosphorique additionné de chlorure de potassium, le cinquième groupe de l'acide phosphorique, du chlorure de potassium et du sulfate d'ammoniaque.

Les auteurs n'attachaient une valeur à l'expérience, que si les parcelles d'un même groupe avaient à peu près la même récolte; il fallait également que les deux groupes restés sans engrais eussent fourni à peu près le même résultat.

C'est grâce à ces observations si soignées, que les auteurs ont pu formuler comme conclusion, que l'addition des engrais commerciaux au fumier de ferme, n'exerce aucune influence utile, ni sur la qualité, sur la quantité du vin récolté.

### Influence du sol sur la composition de l'herbe Timothée pendant les différentes époques de sa végétation

PAR W.-H. JORDAN

On avait ensemencé de cette graminée un sol fortement fumé avec des engrais minéraux, et un sol de même nature qui n'avait pas reçu d'engrais. On préleva des échantillons sur les deux cultures le 6, le 23 juin, et le 5 juillet.

L'herbe la plus jeune contenait le plus d'eau. L'herbe qui avait été fumée en contenait plus que l'autre du même âge.

En vieillissant, la fraction d'azote, de graisse et de cendres, contenue dans un poids déterminé de la plante, diminue; la cellulose et les hydrates de carbone augmentent.

Si l'on distingue l'azote engagé dans les amides, de l'azote engagé dans les matières albuminoïdes, on reconnaît que ces dernières augmentent avec l'âge, pendant que les amides diminuent.

L'engrais avait fait augmenter les proportions des matières azotées, surtout des amides, des cendres, et un peu de la cellulose.

On a pu reconnaître que la fertilité du sol augmentait non seulement la quantité, mais aussi la qualité de la récolte.

## REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

### Physiologie.

*Sur la distribution de l'eau dans la plante*, par M. G. Kraus[1].

Période diurne du gonflement des plantes.

L'auteur cherche à démontrer que tous les organes des plantes, non seulement le tronc, comme il l'a fait voir antérieurement, mais encore les feuilles. les fruits, les bourgeons, sont soumis à une augmentation et à une diminution périodique diurne qui dépend d'une oscillation périodique de la quantité d'eau que ces organes renferment.

I. *Période diurne du gonflement des organes parenchymateux.* — L'épaisseur des feuilles (de plantes grasses) diminue jusqu'aux premières heures de l'après-midi où elle atteint un minimum pour s'accroître de nouveau. Elle est plus grande la nuit que le jour. Les plantes privées de leurs racines ne présentent qu'une périodicité irrégulière. Lorsqu'on empêche la transpiration, l'épaisseur augmente, lorsqu'on n'arrose pas les plantes, les changements périodiques sont supprimés. Ces faits et le dosage de la matière sèche prouvent que les changements de volume dépendent de ceux de la quantité d'eau contenue dans les feuilles.

Les boutons de roses, les capitules des dahlia, les cônes des conifères et différents fruits charnus, présentent le même phénomène. La périodicité est supprimée lorsqu'on détache ces parties de la plante-mère, elle est donc due aux oscillations de la quantité d'eau contenue dans la plante toute entière.

II. *La période diurne du gonflement du tronc* est plus compliquée. Contrairement à ce que l'auteur croyait antérieurement, le bois peut y prendre part aussi bien que l'écorce.

On a observé les cas suivants :

1° Le bois seul se gonfle (frêne) ; 2° le bois et l'écorce se gonflent ; 3° l'écorce seule se gonfle (rarement) ; 4° le bois seul se gonfle plus que le bois et l'écorce pris ensemble.

Ces expériences réussissent sur les branches coupées, plongées dans l'eau par leur section et sur les branches non coupées, mais lorsqu'on opère sur des branches coupées dont on a mastiqué la section, l'écorce continue à montrer son gonflement périodique, mais le bois a perdu la propriété de se gonfler, il tend au contraire à diminuer de volume.

Plusieurs séries d'expériences ont montré que, cette fois encore, ces changements de volume sont dus à la quantité variable de l'eau contenue dans le bois ou dans l'écorce, par conséquent de la transpiration et des agents dont celle-ci dépend et de l'absorption de l'eau par les racines.

*Action de divers gaz, en particulier du protoxyde d'azote sur les cellules végétales.* Detmer (*Cent. Blatt*, 675. — *J. of Ch. Soc.*). — Les graines de

1. Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze. Die tägliche Schwellungsperiode der Pflanzen, Halle, 1881. M. Niemeyer.

*Pisum sativum* et de *Triticum vulgare* ne peuvent germer dans le protoxyde d'azote pur; mais, elles n'y perdent pas leur faculté germinative, si elles n'y restent pas trop longtemps; l'évolution de l'embryon se fait d'autant moins rapidement qu'il a fait un plus long séjour dans le gaz, et que la température a été plus élevée.

Les graines peuvent germer dans un mélange d'air et de protoxyde d'azote, mais la croissance s'arrête dès que l'oxygène a été absorbé; le protoxyde ne se décompose pas.

Dans le protoxyde d'azote, il n'y a pas de mouvement héliotropique, et les plantes étiolées n'y verdissent pas. Les mêmes observations ont été faites pour l'hydrogène et l'acide carbonique.

Les vapeurs de chloroforme tuent les plantes en germination, ou arrêtent leur croissance, quoique la respiration continue. Or, les cellules mortes ne respirent pas : ce phénomène est donc dû à la présence de protoplasme vivant.

M. Sanson a réussi à extraire de l'avoine la substance qui lui communique les propriétés excitantes que l'on connaît. Cette matière est azotée, amorphe, légèrement brune, insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool; elle est contenue surtout dans le péricarpe du fruit de l'avoine : les avoines blanches en renferment ordinairement moins que les autres, cependant certaines variétés noires peuvent en être dépourvues.

La mouture du grain affaiblit considérablement sa propriété excitante, en altérant, sans doute, le principe auquel cette propriété est due.

La durée totale de l'effet d'excitation est d'environ une heure pour un kilogramme d'avoine ingérée. (*Comptes rendus*, 2 janvier 1883.)

## Phylloxera.

M. Mouillefert rend compte à l'Académie des travaux de la Société qu'il représente pendant l'année 1882. On a traité, en tout, 2225 hectares de vignes, répartis entre 385 propriétaires; on a de plus livré à d'autres personnes, qui traitent leurs vignes elles-mêmes, 52 500 kilogrammes de sulfocarbonate de potassium, ce qui porte la consommation de ce produit, pendant le seul exercice 1881-1882, à 873 817 kilogrammes.

Le prix du traitement s'est élevé à 0 fr. 07 par souche en moyenne, ce qui représente une dépense de 300 à 400 francs par hectare, suivant la distance à laquelle il faut prendre l'eau et l'altitude du vignoble.

Partout, le sulfocarbonate de potassium agit comme un insecticide puissant, et aussi comme un engrais des plus énergiques, grâce au carbonate de potassium qui résulte de sa décomposition lente dans le sol.

Une discussion s'engage entre MM. Balbiani et Targioni-Tozzetti au sujet de l'œuf d'hiver considéré comme le point de départ des foyers phylloxériques souterrains. M. Targioni, remarquant que l'œuf d'hiver ne se rencontre que sur les cépages américains, en conclut que ce mode de propagation du phylloxera n'est pas aussi dangereux qu'on le pense pour nos cépages indigènes.

M. Balbiani répond que c'est précisément sur des vignes françaises que l'œuf d'hiver a été trouvé en 1875 par M. Boiteau; il fait observer, en outre, que

la fécondité de l'insecte s'affaiblit rapidement lorsque de nouvelles colonies provenant d'une génération aérienne ne remplacent pas celles qui s'épuisent dans le sol, et il en conclut que sans doute le phylloxera disparaîtrait de lui-même si on arrivait à détruire l'œuf d'hiver que les insectes sexués déposent sur les feuilles : il maintient donc ses conclusions précédentes, tendant à combattre par tous les moyens possibles le phylloxera ailé. La destruction de l'œuf d'hiver pourrait alors être envisagé « 1° comme traitement curatif, en amenant par voie indirecte la disparition des colonies établies sur les racines; 2° comme moyen préventif, en conjurant le danger de l'invasion des vignobles indemnes par les œufs d'hiver déposés sur les ceps. » (*Comptes rendus*, 15 janvier 1883).

## Physique du globe.

*L'ammoniaque atmosphérique*, par M. J. VON FODOR[1]. — L'air aspiré à 5 mètres au-dessus du sol, renferme en moyenne (de 80 dosages, du 15 septembre à la fin de décembre) 0,03318 milligrammes par mètre cube.

On a observé les oscillations suivantes :

| | |
|---|---|
| Automne 1878 | 0,0558 |
| Hiver 1879 | 0,0251 |
| Printemps 1879 | 0.0303 |
| Été 1879 | 0,0488 |
| Automne 1879 | 0,0344 |

Pendant la nuit l'air renferme plus d'ammoniaque que pendant le jour.

En comparant la courbe de l'ammoniaque avec celles des différents phénomènes météorologiques, on voit que la diminution de l'ammoniaque coïncide avec les pluies, les abaissements de la température et souvent avec les vents violents, tandis que l'ammoniaque augmente avec la température et la sécheresse. D'après l'auteur, la richesse de l'air en ammoniaque dépendrait en première ligne de circonstances purement locales; la source la plus abondante de ce gaz serait le sol, mais seulement les parties superficielles, car l'air puisé à une certaine profondeur dans le sol, est moins riche en ammoniaque que l'air atmosphérique.

*L'acide carbonique de l'air*, par M. J. VON FODOR[2]. *Résultats*. — La quantité de l'acide carbonique de l'air dosé d'année en année, dans un même endroit, est d'une constance étonnante. En automne on trouve plus d'acide carbonique la nuit que le jour; au printemps c'est l'inverse qui a lieu. La pluie diminue très nettement la quantité d'acide carbonique de l'air; en hiver cet effet est durable mais en été on observe une forte augmentation de l'acide carbonique après la pluie. Pendant les gelées l'acide carbonique augmente; il diminue au dégel. En hiver l'acide carbonique augmente avec la pression barométrique et inversement; en été on observe le contraire. Le vent diminue un peu l'acide carbonique, mais moins en hiver qu'en été. Le vent du sud, malgré les pluies

1. Hygienische Untersuchungen etc., 1re partie. – Ferschunyen de Wollny, t. V, p 137.
2. Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden, u. Wasser. 1re partie. Brunswick 1881. Vieweg. — Forsch. auf. d. Gebiete d. Agrikulturphysik. de Wollny, t. V, p. 129.

qu'il amène, est plus riche en acide carbonique que le vent du nord. Au niveau du sol, l'air est presque toujours beaucoup plus chargé d'acide carbonique que dans les régions plus élevées, de plus sa quantité est beaucoup plus variable et les variations précèdent celles qu'on observe plus haut. Les couches inférieures déterminent et régularisent la richesse en acide carbonique des couches supérieures. L'auteur croit que l'excès d'acide carbonique des couches inférieures provient du sol, il en conclut que l'acide carbonique atmosphérique et ses oscillations sont causés par le sol et les phénomènes de décomposition qui s'y produisent[1].

## Chimie analytique.

*Dosage de l'azote.* — M. Ruffle (*Journal of the Chemical Society*) propose de doser l'azote des corps nitrés en adjoignant à la chaux sodée ordinaire un huitième environ d'hyposulfite de soude. L'analyse pourrait se faire alors par la méthode classique de M. Péligot. M. Williams (*Journal of the Chemical Society*) dose l'acide azotique en réduisant celui-ci par un couple zinc-cuivre à la température ordinaire. Après vingt heures, les nitrates sont complètement métamorphosés en ammoniaque qu'on dose par les procédés ordinaires. La réduction doit se faire, autant que possible, dans un liquide neutre; elle est plus lente dans un milieu alcalin, plus rapide en présence d'acide carbonique libre.

*Détermination de l'humus de la terre arable,* par le Dr G. Loges. — On sait qu'il existe trois méthodes : — par calcination; — par oxydation au moyen d'acide chromique ou de permanganate de potasse; — par combustion avec de l'oxyde de cuivre. La plus employée est la seconde, et Wolff la préfère même à l'analyse élémentaire, parce qu'elle évite les calculs nécessités par la première, pour la détermination de l'acide carbonique; au point de vue de l'exactitude des résultats, il leur attribue la même valeur. Il résulte cependant des recherches de Warrington et Peak, que la combustion avec l'acide chromique donne des résultats plus faibles que l'analyse élémentaire. C'est ce que confirment les recherches de Loges : « Dans aucun cas, dans la méthode par l'acide chromique, le carbone n'est oxydé complètement. » Les valeurs limites trouvées par Loges furent 64 p. 100 et 96 p. 100 de carbone oxydé; 40 expériences donnèrent une moyenne de 83,9 p. 100. Les limites trouvées par Warrington et Peak sont 72,2 et 83,2 p. 100; elles sont plus rapprochées; mais cela doit tenir à ce qu'ils n'ont étudié qu'une douzaine d'échantillons peu différents.

Puisque, même pour des terres semblables au point du vue physique et chimique, le déficit que donne la méthode par l'acide chromique, n'est pas constant, il sera utile, toutes les fois qu'on recherchera quelque exactitude, d'employer la combustion à l'aide de l'oxyde de cuivre, qui, d'ailleurs, ne demande pas plus de temps.

Quant à la détermination de la matière humique par calcination, on ne peut l'effectuer sans crainte que pour les sols tourbeux et les terres formées d'un mélange de tourbe et de sable; on peut employer aussi ce procédé pour les

1. Voyez *Annales agronomiques*, t. III, p. 69; t. V, p. 199.

sols sableux constitués par des grains recouverts d'humus, et peu argileux, comme on en rencontre dans le Schleswig-Holstein.

Nous ne partageons pas la manière de voir des auteurs précédents, un grand nombre d'essais synthétiques exécutés à Grignon par M. Nantier, et tout récemment au Muséum par M. Essner, nous ont montré au contraire que l'oxydation du sucre par l'acide chromique, donne, à moins de 1 p. 100 près, le poids d'acide carbonique qu'on devait trouver. P.-P. D.

*Influence de quelques matières sur le pouvoir saccharifiant de la diastase*, par M. le docteur W. Detmer [1]. — Quand on mélange une dissolution de diastase avec de l'amidon, il se fait une rapide transformation de l'amidon en substances solubles, qu'on peut suivre avec la teinture d'iode affaiblie. La présence de l'acide carbonique dans le liquide accélère la fluidification. Des quantités minimes d'acide citrique, 0gr 0005 par exemple agissent dans le même sens; l'acide en plus grande grande quantité est encore plus efficace; si cependant on le fait intervenir en trop grande masse, il ralentit la réaction, et il peut même l'arrêter complètement.

De petites quantités d'acide phosphorique ou d'acide chlorhydrique sont favorables à la réaction. Ces acides, quand on les fait intervenir en grande masse, arrêtent l'action de la diastase.

L'acide phénique, même en quantité notable, exerce une minime influence; un grand excès arrête la transformation.

Quelques gouttes d'une dissolution concentrée de potasse empêchent l'action de la diastase; si la dissolution alcaline est extrêmement faible, le pouvoir saccharifiant de la diastase est seulement ralenti.

Les dissolutions acides ou alcalines étendues convertissent aussi l'amidon en substances solubles; même lorsque la diastase est absente; mais leur action est beaucoup plus lente que celle du ferment.

*Du ferment inversif ou diastase*, par Adolphe Mayer [2]. — L'action de la diastase varie-t-elle proportionnellement aux quantités du ferment? Une série d'expériences n'ont pas permis de se prononcer affirmativement. La matière active semble se trouver suspendue dans l'eau comme une émulsion, et il est sans doute difficile de la répartir comme on veut dans les substances sur lesquelles elle doit exercer son action.

La diastase, pendant qu'elle effectue son travail, ne subit pas de décomposition.

Une élévation de température, même modérée, exerce une influence nuisible sur la diastase, quand elle n'est pas en activité; mais pendant son travail, elle supporte sans inconvénient une chaleur beaucoup plus élevée.

La lumière n'exerce aucune influence. Les bactéries de la putréfaction ne changent pas non plus son pouvoir inversif.

1. Biedermanns' *Centralblatt*, 12e année, 1er fascicule.
2. Id. id. 11e année, fascicule XII.

## Irrigations.

La transformation que subissent les parties de nos départements méditerranéens dans lesquelles sont pratiquées les irrigations démontre victorieusement l'intérêt que présente la construction des canaux d'arrosage là où ils font défaut. Un ingénieur distingué, M. Dumont, a proposé depuis plusieurs années la construction d'un canal dérivé du Rhône et conduisant les eaux dans les départements de l'Ariège, du Gard, de l'Hérault et de l'Aude. Examiné par le conseil des ponts et chaussées, ce projet fut modifié et on y substitua celui de M. l'inspecteur général CHAMBRELENT; depuis, ce dernier fut modifié encore une fois par M. Krantz; enfin, un ingénieur de Lyon, M. Léger, vient encore de proposer une autre solution qui présente l'avantage de diminuer considérablement les dépenses de premier établissement, puisqu'elles tombent de 235 millions à 141.

M. LÉGER a été très frappé de ce que les projets précédents allaient chercher le Rhône très loin à grands frais et ne tiraient aucun parti des ressources que pouvaient rencontrer les cours d'eau traversés ou rencontrés chemin faisant et qui ont leur importance. M. Léger arrive à remplacer le grand canal de la rive droite par une série de petits canaux établis dans chacun des bassins des cours d'eau traversés; en employant l'Ardèche, la Lège, le Gardon et un peu le Rhône, puis l'Oyb et l'Hérault, il arrive à irriguer 126 000 hectares sur la rive droite et 34 000 sur la rive gauche; son procédé consiste à emprunter à ces cours d'eau, le nombre de mètres cubes dont il a besoin, et à refouler les eaux au moyen de machines jusqu'à la hauteur convenable pour assurer le parcours sur tout le périmètre arrosé; les dépenses annuelles sont considérables, elles s'élèvent à 15 584 000 francs par an, si tout le parcours était exécuté, mais ce projet présente l'avantage de la division et de l'indépendance et celui de pouvoir restreindre la dépense à l'effet utile à produire.

M. L. RICHARD (Ing. E. C.) qui a exposé dans le *Génie civil* du 1er décembre 1882 le projet de M. Léger, le trouve supérieur aux précédents par les considérations suivantes :

Facilité des travaux et par suite abréviation des délais.

Économie considérable pour le trésor public sur les dépenses de premier établissement.

Certitude de remboursement à l'État des avances qui auraient pu être faites pendant les débuts de l'entreprise.

Indépendance absolue des canaux entre eux, par le fait de leur construction dans chaque bassin traversé et par suite, facilité d'échelonner et d'entretenir les travaux suivant les besoins.

Sécurité d'exploitation, satisfaction donnée à l'agriculture, à laquelle on donnera plus d'eau, avec moins de pertes en route et à un prix notablement inférieur;

Intérêts de la navigation du Rhône sauvegardés par une prise d'eau faite seulement après les rapides au point où il atteint son plus grand volume.

### Engrais.

*Utilisation, en agriculture, des scories basiques provenant des opérations de déphosphoration* (Dingl. polyt., p. 245-513). — On a étudié, en Westphalie, la possibilité de substituer ces scories aux engrais phosphatés. L'analyse des scories a donné :

| $SiO^2$ | $CO^2$ | S | $PHO^5$ | Fe | Mn | Cao | Alumine, sable, alcalis, magnésie |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.20 | 1.72 | 0.56 | 19.33 | 9.74 | 9.50 | 47.60 | 2.68 |

On a trouvé que 10,94 pour 100 d'acide phosphorique, correspondants à 56,6 pour 100 de l'acide phosphorique total, étaient solubles dans le citrate d'ammoniaque, et pouvaient, par conséquent, être assimilés par la plante.

Ces recherches confirment celles de M. Millot (*Annales agronomiques*, t. VII, p. 147). M. Millot trouvait 12 à 18 pour 100 d'acide phosphorique dans les scories des fontes phosphoreuses de la Moselle, traitées au Bessemer, avec Spiegel et chaux caustique; et l'acide phosphorique soluble (4,40 pour 100) dans le citrate d'ammoniaque, était soluble aussi dans l'oxalate bouillant; 1,44 pour 100 se dissolvait dans l'acide acétique. La partie insoluble est, sans doute, du phosphate tribasique.

*Le nitrate de potasse, appliqué à la culture de la pomme de terre* (*Cent. Blatt.*, 1882; *J. of Chem. Soc.*). — Des expériences exécutées par M. Edler à la station agronomique de Göttingen, il résulte que le nitrate de potasse appliqué à la culture de la pomme de terre, fournit un rendement supérieur à celui qu'on obtient avec le nitrate de soude; ces deux engrais déterminent la production de gros tubercules, mais avec le premier, la maladie fait moins de dégâts qu'avec le second. En outre, le sel de soude diminue la proportion d'amidon, ce que ne fait pas l'azotate de potasse. L'expérience a été continuée pendant les deux saisons, 1880 et 1881 ; mais, les résultats obtenus en 1880, eu égard au mauvais temps, ne sont pas concluants. La saison de 1881 fut plus favorable, et les résultats obtenus ont corroboré ceux de 1879. Toutefois, les tubercules moyens et petits contiennent moins d'amidon que ceux de même taille, venus sur des pièces qui n'ont pas reçus l'engrais. En somme, l'application du nitrate de potasse est avantageuse.

*Culture sans engrais animal*, par Schindler (*Cent. Blatt*, 1882, 568. *J. of Ch. Soc.*). — A Eschershausen, ferme dont le sol est riche en alcalis, on n'a appliqué, pendant vingt ans, que des engrais artificiels. Les récoltes ont toujours été bonnes; la quantité de paille seule a diminué, quand on a cultivé pendant quatre à cinq années consécutives, des plantes à silice ; mais, on est revenu aux rendements primitifs, en introduisant dans la rotation des plantes à chaux.

*Le Gérant:* G. Masson.

Mottεroz, Adm.-Direct. des Imprimeries réunies, B, Puteaux

# RECHERCHES BIOLOGIQUES SUR LA BETTERAVE

PAR

M. B. CORENWINDER

Dès que les observateurs eurent acquis la certitude que les feuilles des végétaux jouissent de la propriété d'absorber le gaz acide carbonique, et d'éliminer de l'oxygène, ils cherchèrent à prouver que le carbone, qui est retenu par ces organes, concourt à la formation des tissus de la plante, et des principes immédiats qu'elle est chargée d'élaborer.

Deux savants illustres, Th. de Saussure et M. Boussingault, se sont occupés particulièrement de cette importante question. On se rappelle que ce dernier a fait semer diverses graines dans des sols inertes, et qu'il a constaté que les plantes qui en provenaient, contenaient plus de carbone qu'il y en avait primitivement dans leurs semences. Ayant pris les précautions nécessaires pour éviter tout contact des plantes avec des matières carbonées, il a pu conclure que leur acquisition en carbone avait lieu par l'intermédiaire des feuilles qui empruntent ce principe à l'acide carbonique de l'air.

Depuis plusieurs années, j'ai fait un grand nombre d'expériences qui confirment les observations de M. Boussingault. L'été dernier, particulièrement, j'ai obtenu des végétaux qui ont acquis leur développement normal en poussant dans du sable pur, qu'on arrosait avec des dissolutions de sels minéraux convenables, dépourvus complètement de substances organiques et de carbonates. Ces plantes étaient :

Le tabac;

Le maïs;

La betterave.

Dans cette note, et pour le moment, je ne m'occuperai que de la betterave, qui présente un intérêt particulier, à cause du sucre que contient sa racine.

On admet assez généralement, par induction, que le carbone, qui entre dans la constitution du sucre, a sa source principale dans l'atmosphère. Toutefois, à ma connaissance, cette grande loi

de la biologie végétale, n'a pas encore reçu la sanction de l'expérience, elle n'a pas, jusqu'ici, été prouvée directement.

C'est dans le but d'élucider cette importante question, que j'ai entrepris les recherches dont je vais avoir l'honneur de rendre compte à l'Académie.

Dans le courant du mois de mai 1882, je prélevai dans un champ, que l'on avait ensemencé deux ou trois semaines auparavant, quelques petites betteraves, et je les utilisai de la manière suivante :

J'en repiquai trois dans un pot contenant du sable qu'on avait lavé successivement avec de l'acide chlorhydrique étendu, avec de l'eau en abondance, enfin avec de l'eau distillée ; je m'étais assuré, après ces opérations, que ce sable était exempt de toute trace de matière organique et de carbonates. Le pot avait 15 litres de capacité environ.

Trois petites betteraves semblables furent repiquées dans du bon terreau de couche que j'avais mis dans un pot de même grandeur. Ce terreau n'était, pour ainsi dire, que du fumier de cheval décomposé.

Enfin, on repiqua le reste de ces betteraves dans une parcelle de terre qu'on avait réservée au milieu d'un champ préparé et ensemencé depuis quelque temps.

Ces opérations terminées, je fournis aux betteraves mises dans le sable un volume déterminé d'une dissolution de sels purs, exempts de carbonates et d'acides organiques, tels que : nitrate de potasse, phosphate d'ammoniaque, sulfate ammoniaco-magnésien, chlorure de potassium, phosphate acide de chaux, silicate alcalin, etc., en un mot, je mis à la disposition de ces betteraves, de l'azote sous deux formes, des phosphates solubles, et toutes les matières minérales, dont l'analyse signale l'existence dans la betterave.

Je renouvelai ces additions d'engrais tous les quinze jours, jusque vers la fin d'août.

Les betteraves cultivées dans le terreau ne reçurent aucun engrais supplémentaire.

Le champ où l'on avait planté le lot restant, avait été fumé avec des fumiers de ferme et des engrais liquides.

Les plantes en pot furent mises à une bonne exposition dans mon jardin, à la campagne ; elles n'avaient pas de contact avec le

sol. On arrosa, quand il était nécessaire, celles qui végétaient dans du sable, avec de l'eau de pluie dépourvue d'acide carbonique; celles qui étaient dans le terreau, avec de l'eau de source. Du reste, l'été ayant été fort pluvieux, on dut rarement verser de l'eau sur les pots.

La végétation de ces betteraves eut lieu sans incident remarquable jusqu'au 15 juillet. Les plantes en pot avaient, à peu près, le même nombre de feuilles qui étaient, de part et d'autre, bien vertes et vigoureuses. A cette époque, ainsi que je me l'étais proposé, je prélevai deux betteraves dans chaque pot pour en doser le sucre, et aussi pour laisser à celle qui restait la faculté de se développer convenablement. Le même jour, j'arrachai deux betteraves dans le champ d'essai.

Le 15 juillet, les deux betteraves cultivées dans le sable pesaient ensemble :

| | |
|---|---|
| Les feuilles........................... | 162 grammes |
| Les racines........................... | 60 — |

Celles qui avaient végété dans le terreau pesaient :

| | |
|---|---|
| Les feuilles........................... | 160 grammes |
| Les racines........................... | 46 — |

Enfin les dernières qu'on avait prises dans le champ d'essai, avaient les poids suivants :

| | |
|---|---|
| Les feuilles........................... | 155 grammes |
| Les racines........................... | 54 — |

Ces betteraves contenaient respectivement les quantités de sucre que je vais indiquer :

| | |
|---|---|
| Betteraves dans le sable............... | 5.45 p. 100 |
| — terreau............ | 2.85 — |
| — champ............. | 4.10 — |

Ces premiers résultats me causèrent une vive satisfaction. Sans me préoccuper, pour le moment, des quantités relatives de sucre trouvées dans ces racines, il m'était démontré, par l'expérience effectuée dans du sable, qu'au besoin, l'acide carbonique de l'air peut suffire pour alimenter la betterave du carbone nécessaire à l'élaboration du sucre.

Après cette époque, mes betteraves s'accrurent avec rapidité. Dans le commencement du mois d'août, il n'y avait pas une dif-

férence marquée entre celle qui poussait dans le sable et celle qui était dans le terreau; mais dans le mois de septembre, je m'aperçus que la dernière prenait l'avance; elle produisait des feuilles nombreuses; elle grossissait à vue d'œil. Néammoins, je n'osai pas verser de nouveau de la dissolution saline sur la betterave en sable, dans la crainte de la détériorer.

Dans le mois d'octobre, la betterave cultivée dans le sable commençait à perdre ses feuilles. Au 1er novembre, elle n'en avait plus qu'un petit nombre. Tout le monde sait, du reste, que lorsque la betterave approche de la maturité, ses principales feuilles jaunissent et bientôt se dessèchent.

Au contraire, la végétation de la betterave cultivée dans le terreau se poursuivait avec une vigueur excessive. Cette betterave avait engendré une quantité considérable de feuilles saines et d'un vert foncé.

Je jugeai que le moment était venu de mettre fin à ces expériences. On était au 4 novembre. A cet effet, je déplantai ces betteraves pour en faire les analyses, et je notai soigneusement les particularités qu'elles présentaient.

### Betteraves cultivées dans le sable.

Cette betterave avait des radicelles nombreuses et un chevelu d'un blanc parfait. Sa chair était dure et fort dense, sa peau colorée en rose.

Il ne lui restait plus que cinq grandes feuilles et deux petites. Un grand nombre de jeunes pousses apparaissaient sur le collet de la racine.

| | | |
|---|---|---|
| Les feuilles pesaient ensemble......... | 270 | grammes |
| La racine......................... | 490 | — |

Celle-ci contenait pour 100 grammes :

| | |
|---|---|
| Eau.................................. | 80.80 |
| Sucre................................ | 12.26 |
| Matières minérales.................... | 0.98 |

### Betteraves cultivées en plein champ.

J'ai choisi dans la parcelle, après la récolte, plusieurs betteraves pesant chacune environ 500 grammes.

Voici quelle était leur composition en centièmes :

| | |
|---|---|
| Eau | 83.20 |
| Sucre | 9. » |
| Matières minérales | 0.91 |

**Betteraves cultivées en terreau.**

Ainsi que je le disais précédemment, cette plante avait acquis un grand développement. Ses feuilles au nombre de 113 pesaient ensemble . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2k 560
sa racine . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1k 145

Celle-ci avais émis beaucoup de radicelles et un chevelu si abondant que le pot en était rempli. Ce chevelu avait une couleur brune qui résistait au lavage.

L'analyse de cette betterave m'a donné les chiffres suivants :

| | |
|---|---|
| Eau | 83.80 |
| Sucre | 10.60 |
| Matières minérales | 1.16 |

Avant de passer aux conséquences qui résultent de ces recherches, je ferai les remarques suivantes :

1° La betterave venue dans le sable pesait 490 grammes, et elle contenait 12,26 p. 100 de sucre : elle en avait donc élaboré en totalité 60gr, 07 (note 1).

2° Celle qui avait végété en plein champ pesait 500 grammes, et il s'y trouvait 9 p. 100 de sucre : elle en avait donc produit 45 grammes.

3° Enfin la betterave cultivée dans le terreau pesait 1k 145. Sa richesse en sucre était de 10,60 p. 100 : elle avait donc accumulé dans sa racine 121gr, 37 de sucre (note 2).

Cela posé, on peut déduire de mes essais les conséquences suivantes :

1° La betterave qui croît dans un sol dépourvu de matières organiques emprunte par ses feuilles, à l'acide carbonique répandu dans l'atmosphère, tout le carbone qui lui est nécessaire pour élaborer du sucre[1].

2° Celle qui végète dans une terre d'une fertilité moyenne trouve, à la même source, le carbone dont elle a besoin pour remplir ce

1. Il n'est pas besoin de dire que, dans ce cas, cette plante ne peut puiser qu'à la même source le carbone qui sert à la constitution de ses tissus et des autres principes carbonés qui se forment dans ses feuilles et dans sa racine.

rôle; mais il n'est pas certain, d'après ce qui va suivre, que cette source soit la seule où elle s'approvisionne.

3° Enfin, lorsque cette plante se développe dans un sol contenant une abondante provision de matières carbonées, dans du terreau par exemple, elle absorbe sans doute l'extrait de ce terreau par ses racines, et elle acquiert ainsi du carbone engagé dans des substances organiques. Ce carbone, en entrant dans des combinaisons encore ignorées, contribue-t-il à la formation du sucre conjointement avec celui que les feuilles puisent dans l'atmosphère? Le fait est probable, mais il est difficile, pour le moment, de le mettre en évidence (note 3).

On a enseigné longtemps que les plantes acquièrent du carbone en absorbant par leurs racines l'acide carbonique confiné dans le sol. Cette doctrine n'a pas encore reçu la sanction de l'expérience; jusqu'aujourd'hui, elle n'est qu'une hypothèse.

Il est probable cependant qu'en puisant de l'eau dans le sol, la plante absorbe, par ses racines, des bicarbonates, ainsi que la faible quantité d'acide carbonique que cette eau tient en dissolution; toutefois, la proportion de carbone qu'elle pourrait acquérir de cette manière, serait nécessairement limitée.

On sait, depuis le commencement de ce siècle, que les plantes ont besoin pour vivre, d'aspirer de l'oxygène par leurs racines. Celles-ci forment, avec ce gaz, aux dépens de leur propre substance, de l'acide carbonique, qui, d'après Th. de Saussure, suit le cours longitudinal de la tige, est attiré dans les feuilles, et décomposé par elles. Serait-ce la matière organique absorbée par les racines qui éprouverait cette combustion? Cette hypothèse est plausible, mais comment en démontrer la réalité?

Quoiqu'il en soit, si l'on peut supposer que les végétaux s'assimilent du carbone par l'exercice de plusieurs fonctions différentes ou similaires, on est forcé d'admettre que, dans l'état actuel des connaissances physiologiques, il n'y a qu'une seule de ces fonctions dont l'existence soit démontrée. Il n'est plus contestable désormais que c'est dans l'atmosphère que la plante puise, en partie au moins, l'élément nécessaire à l'élaboration de ses principes carbonés; d'autres fonctions, souvent invoquées, n'ont pas le même degré de certitude : elles n'ont pas été consacrées par l'expérience.

Le mémoire qu'on vient de lire fait partie d'un ensemble de recherches que je poursuis depuis longtemps sur l'origine du car-

bone dans les végétaux ; c'est pourquoi je me suis borné à énoncer les faits constatés, me réservant de les développer plus amplement lorsque je coordonnerai toutes les observations que j'ai recueillies et que je recueillerai encore sur cet important sujet.

NOTE 1.

Si l'on suppute la quantité d'acide carbonique que cette betterave a dû absorber par ses feuilles, pour produire le sucre qui a été fixé dans sa racine, on trouve les résultats suivants :

D'après M. Péligot, la composition du sucre de canne est de :

| | |
|---|---|
| Carbone | 42.1 |
| Hydrogène | 6.4 |
| Oxygène | 51.5 |

La quantité totale de sucre trouvée dans cette betterave étant de 60gr,7 qui contiennent 25gr,29 de carbone, on peut en conclure que pour produire ce sucre elle a dû emprunter à l'atmosphère 92gr,73 ou 46 litres 36 centilitres d'acide carbonique.

La végétation de cette plante ayant duré cinq mois, il en résulte que la consommation d'acide carbonique a été de ce chef en moyenne, et par jour, de 31 centilitres.

Ce chiffre n'est pas élevé, et il prouve qu'il ne faut pas que la betterave soit exposée constamment aux rayons du soleil, pour élaborer une quantité de sucre suffisante.

NOTE 2.

Cette betterave aurait acquis certainement un volume beaucoup plus considérable, si elle n'avait pas été comprimée dans un pot ; la quantité absolue de sucre eût été la même, à peu de chose près, mais la proportion centésimale en aurait nécessairement diminué.

C'est ce qui arrive, lorsqu'une betterave végète isolément dans un sol très riche, comme dans un potager, par exemple. Tout le monde sait, qu'en ce cas, elle produit des feuilles nombreuses, et que sa racine, très volumineuse, est relativement pauvre en sucre.

On se demande pourquoi ces feuilles, si multipliées, si vertes, n'engendrent pas dans la racine une quantité de sucre plus élevée?

Ce fait est complexe :

1° En produisant des jeunes pousses en abondance, la racine perd une proportion notable de sucre déjà élaboré, qui sert de nourriture à ces organes naissants.

2° Ce surcroît de feuilles se développe ordinairement quand la saison est déjà avancée; alors la lumière ayant perdu de son intensité, le pouvoir réducteur des feuilles a diminué.

3° Les betteraves trop nourries ont les feuilles d'un vert foncé, vigoureuses et pleines de sève, alors que celles qu'on a cultivées comme d'habitude sont déjà mûres; il faudrait aux premières, une prolongation de l'été, pour leur faire acquérir une richesse saccharine, en rapport avec les organes qu'elles ont créés et édifiés.

NOTE 3.

Ainsi que je l'ai dit précédemment, outre la betterave, j'ai cultivé, l'été dernier, comparativement dans du sable fumé avec des engrais chimiques purs, et dans du terreau, du maïs et du tabac. Le maïs, dans le terreau, l'a emporté sensiblement sur celui qui a poussé dans le sable. Au contraire, le tabac végétant dans le sable avait, à la fin du mois d'octobre, vingt centimètres de hauteur en plus que celui qui était cultivé dans le terreau; le premier était le plus vigoureux, il donna plus de fleurs et de capsules que le dernier. J'attribue la supériorité du tabac qui est venu dans du sable au nitrate de potasse que je lui ai fourni sans ménagement.

Le tabac n'a donc pas eu besoin de recevoir du carbone par ses racines pour acquérir son entier développement. Peut-être, la quantité d'engrais chimique que j'ai donné à la betterave cultivée dans du sable était-elle insuffisante? Cette expérience est à refaire, pour éclaircir ce doute.

P. S. Le précédent mémoire était à l'impression lorsque mon attention a été appelée sur un travail intitulé : « Recherches sur les betteraves à sucre » publié par MM. Fremy et Dehérain dans les *Annales agronomiques* en l'année 1875, p. 161.

Ces savants ont cultivé des betteraves dans différents sols artificiels avec l'intention d'étudier l'influence des engrais. Parmi les conclusions qu'ils ont tirées de leurs recherches, on trouve celle-ci : « Les betteraves peuvent arriver à un développement normal dans un sol absolument privé d'humus, à la condition d'être arrosées régulièrement et de recevoir des engrais renfermant de l'azote, de l'acide phosphorique, de la chaux et de la potasse. Elles peuvent acquérir ainsi jusqu'à 18 p. 100 de sucre.

# ANALYSE DE QUELQUES FRUITS A CIDRE

PAR

R. LEZÉ

Professeur à l'école de Grand-Jouan.

Le congrès pomologique de Saint-Lô tenu l'année dernière en novembre, avait dans ses travaux, résolu de déterminer, et de faire analyser un assez grand nombre de variétés de pommes à cidre. Or la fixation de la variété d'un fruit est une opération assez difficile, demandant du temps et ce n'est qu'à la fin du mois de décembre que ces fruits nous ont été adressés pour en déterminer la composition.

Cette époque est trop tardive, beaucoup de pommes étaient avariées et on ne peut alors regarder comme une *moyenne* des analyses exécutées quelquefois sur deux fruits seulement.

Nous ne donnons les résultats ci-dessous qu'à titre de renseignements, nous proposant de reprendre la question d'une manière plus complète à la récolte de cette année.

Dix échantillons nous avaient été envoyés, il a été impossible par suite du mauvais état des fruits de faire l'analyse de l'aufriche et du cartigny blanc.

Nous possédions aussi trop peu de fruits pour faire l'examen sur le moût. Les analyses ont été faites sur les fruits mêmes ; tels qu'ils étaient et se comportaient, ils contiennent en centièmes :

| VARIÉTÉS. | EAU. | SUCRE. | CENDRES. | TANNIN. | CELLULOSE MAT. ORGANIQUES. |
|---|---|---|---|---|---|
| Haut griset.......... | 80.96 | 7.64 | 0.52 | 0.50 | 10.38 |
| Avoine (2 fruits sains). | 83.38 | 9.19 | 0.37 | 0.21 | 6.85 |
| Doux lozon.......... | 80.64 | 9.22 | 0.36 | 0.19 | 9.59 |
| Aufriche tardive..... | 82.02 | 8.59 | 0.46 | 0.35 | 8.58 |
| Cartigny gros. ..... | 81.08 | 10.41 | 0.34 | 0.57 | 7.60 |
| Fréquin............ | 84.02 | 6.08 | 0.28 | 0.72 | 8.90 |
| Airu............... | 83.90 | 8.50 | 0.36 | 0.23 | 7.01 |
| Petit rouget......... | 84.90 | 7.40 | 0.32 | 0.27 | 7.11 |

Il est assez intéressant de comparer ces analyses avec celles qui se trouvent dans l'excellent ouvrage de M. Hauchecorne. D'après cet auteur, le fréquin donne un cidre de bonne qualité, se conservant bien. On voit dans notre analyse, que la proportion de tannin est en effet très élevée, mais la quantité de sucre est relativement faible. Il est probable que notre échantillon ne représentait pas réellement la nature, la composition habituelle de cette variété renommée.

---

STATION AGRONOMIQUE DE GRIGNON

---

# CULTURES DU CHAMP D'EXPÉRIENCES EN 1882

**Par M. P.-P. DEHÉRAIN**
Docteur ès sciences, professeur à l'École de Grignon

AVEC LA COLLABORATION
De MM. **BORBAU**, chef des travaux pratiques à l'École de Grignon,
**MARCHAL**, chimiste de la Station.

### Résumé météorologique.

Au printemps, la récolte de 1882 s'annonçait très bien ; elle n'a pas tenu ce qu'elle promettait, la récolte d'avoine a été très médiocre, celle du blé très amoindrie par l'invasion de la *rouille*, et il est intéressant de rechercher à quelles conditions météorologiques correspondent ces fâcheux résultats.

En 1880, nous avons obtenu au champ d'expériences une récolte de blé admirable, puisqu'une parcelle nous a fourni 50 hectolitres à l'hectare et que la moyenne s'est élevée à 35 hectolitres; en comparant les quantités de pluie tombées pendant ces deux années, et les températures moyennes, nous réussirons sans doute à préciser les causes des profondes différences de ces deux récoltes.

| | Pluie en millimètres. | |
|---|---|---|
| | 1880 | 1882 |
| Mars | 76.00 | 27.15 |
| Avril | 47.34 | 53.67 |
| Mai | 4.73 | 24.52 |
| Juin | 102.57 | 54.87 |
| Juillet | 78.42 | 59.45 |
| Août | 75.35 | 53.37 |
| Septembre | 50.10 | 77.85 |

En faisant la somme des cinq mois de végétation active, on trouve en 1880, 311$^{mm}$,06 et 219,66 en 1882, il est même évident que la pluie a été distribuée plus également en 1882 qu'en 1880, et ce n'est pas à la répartition de l'humidité qu'il faut attribuer les profondes différences des deux saisons. Comparons donc actuellement les températures moyennes pour ces deux années, cette comparaison s'établit par les chiffres suivants :

| | Température moyenne. | |
|---|---|---|
| | 1880 | 1882 |
| Mars | 9.30 | 8.70 |
| Avril | 10.40 | 7.10 |
| Mai | 14.66 | 12.76 |
| Juin | 16.12 | 13.84 |
| Juillet | 20.10 | 14.41 |
| Août | 19.45 | 18.11 |
| Septembre | 16.97 | 13.05 |

Les différences ici sont profondes, la température moyenne de 1882 est inférieure à celle de 1880 en mars, en avril, en mai et surtout en juin et en juillet; pendant ce dernier mois la différence est énorme, elle est de plus de 5 degrés.

On conçoit dès lors que les pluies qui n'auraient pas produit une influence bien fâcheuse, si elles avaient été compensées par des températures élevées, aient eu une action déplorable quand elles ont été associées à une basse température.

M. Risler a rappelé en effet récemment, qu'il résulte de ses observations que les récoltes les plus élevées correspondent aux saisons les plus chaudes. Ces mauvaises conditions climatériques ne sont pas particulières à notre région septentrionale, on sait que les vins récoltés en 1882, ont été en général de mauvaise qualité, par suite de la basse température qui a empêché la complète maturation des raisins.

### Culture du blé.

La culture du blé a été établie, depuis 1880, sur les parcelles qui avaient porté des pommes de terre de 1875 à 1879; depuis 1879 on n'a distribué aucun engrais azoté, on voulait en effet déterminer l'état dans lequel se trouvait le sol après la culture des pommes de terre, non seulement à l'aide de l'analyse, mais encore par l'abondance des récoltes qu'il était capable de fournir; on es-

pérait, en faisant cette troisième culture sur le même sol, voir s'accuser nettement les différences : elles ont été beaucoup moins sensibles qu'on ne le supposait, et comme les années précédentes, elles portent plus sur le poids de la paille que sur celui du grain. Les trois parcelles qui ont reçu du fumier enterré les années précédentes, **17**, **18** et **20**, se placent au premier rang avec un poids de grain de 2200 à 2400 kilos; c'est-à-dire variant de 27 à 30 hectolitres.

Les deux parcelles **22** et **23** qui ont reçu de l'azotate de soude de 1875 à 1879, du sulfate de potasse ou de la tourbe de puis, fournissent un rendement en grains analogue à la parcelle restée constamment sans engrais avec un produit en paille un peu supérieur.

Les deux parcelles suivantes **24** et **25** semblent encore bénéficier de l'engrais Souffrice distribué en 1879; en effet, les fumures antérieures étaient identiques à celles de **22** et de **23**, sauf pour l'année où l'azotate de soude a été remplacé par l'engrais de viande; or, la récolte est sensiblement plus élevée, voisine de celle des parcelles qui ont reçu du fermier de ferme. La parcelle **26** qui n'a pas eu d'engrais depuis 1878, conserve un rendement relativement assez bon, bien que ce soit le plus faible en grain que nous ayons encore rencontré.

Avec les parcelles **27** et **28** commencent les faibles récoltes de 25 hectolitres environ et de 4000 kilos de paille; il est curieux de voir que l'engrais Coignet distribué en 1879 ne paraît plus actuellement avoir d'action; les récoltes sont semblables sur **29** et **30** qui ont eu ces engrais et sur **27** et **28** qui n'en ont pas reçu; nous avons vu au contraire que l'engrais de viande fourni par M. Souffrice exerce encore une action sensible en 1882, bien qu'il ait été distribué quatre ans auparavant.

La parcelle **31** restée sans engrais azoté mais bien pourvue de phosphates, donne un rendement analogue à **21**, qui n'a pas été fumée depuis 1875; on avait été très frappé, depuis plusieurs années, de l'état fâcheux de la parcelle **32** qui a reçu du sulfate d'ammoniaque, nous avons voulu savoir si ce sel donné à profusion pendant plusieurs années n'avait pas entraîné une diminution considérable dans l'acide phosphorique du sol, et la parcelle a été divisée en deux parties égales : sur l'une, on a employé 100 kilos de superphosphates, mais le résultat n'a pas été avantageux pour le produit en grains, cependant l'action n'a pas été nulle sur la paille qui est

TABLEAU N° I. — CULTURE DU BLÉ EN 1882.

| NUMÉROS des PARCELLES. | FUMURES DISTRIBUÉES EN 1882. | FUMURES DES ANNÉES PRÉCÉDENTES. | POIDS de la RÉCOLTE. | POIDS de la PAILLE. | POIDS du GRAIN. | VOLUME DU GRAIN à 80k l'hect. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | Sans engrais.......... | 20.000 k. de fumier en 1875-79; rien en 1880 et 1881................ | 8630 | 6.200 | 2430 | 30.3 |
| 18 | — .......... | 40.000 k. de fumier de 1875-79; rien en 1880 et 81 ....... .......... | 8190 | 5.975 | 2215 | 27.6 |
| 20 | — .......... | 80.000 k. de fumier; 1000 k. de superph. de 1875-77; rien depuis..... | 8245 | 6.025 | 2220 | 27.7 |
| 21 | — .......... | Sans engrais depuis 1875.......................................... | 6490 | 4.300 | 2190 | 27.3 |
| 22 | — .......... | 400 k. azotate de soude de 1875-79; 200 k. de sulfate de potasse de 1880 et 81. | 6565 | 4.375 | 2190 | 27.3 |
| 23 | — .......... | 400 k. azotate de soude de 1875-79; 10000 k. de tourbe en 1880 et 81... | 7020 | 4.900 | 2120 | 26.4 |
| 24 | — .......... | 400 k. azotate de soude, 400 k. de superphosphate de 1875-78; 2000 k. engrais Souffrice en 1879, sans engrais en 1880, 10000 k. de tourbe en 1881. | 7580 | 5.250 | 2330 | 29.1 |
| 25 | — .......... | 400 k. azotate de soude, 400 k. de superphosphate de 1875-78; 1150 d'engrais Souffrice en 1879; 10000 k. de tourbe, 100 k. de sulfate de potasse en 1880-81.............................................. | 7565 | 5.275 | 2290 | 28.6 |
| 26 | — .......... | 1200 k. d'azotate de soude, de 1875 à 1878, rien depuis............... | 7280 | 5.200 | 2080 | 26.0 |
| 27 | — .......... | 400 k. de sulfate d'ammoniaque de 1875-79; rien depuis............... | 6200 | 4.200 | 2000 | 25.0 |
| 28 | — .......... | 400 k. de sulfate d'ammoniaque de 1875-79; rien depuis............... | 6150 | 4.150 | 2000 | 25.0 |
| 29 | — .......... | 400 k, de sulfate d'ammoniaque, 400 k. superphosphate de 1875-78; 2000 k. d'engrais Coignet en 1879; rien depuis......................... | 6250 | 4.150 | 2100 | 26.2 |
| 30 | — .......... | 400 k. de sulfate d'ammoniaque, 400 k. de superphosphate de 1875-78; 1000 k. d'engrais Coignet en 1879; rien depuis..................... | 6130 | 4.250 | 1980 | 24.7 |
| 31 | — .......... | 400 k. de superphosphate 1875-78; rien depuis......................... | 6160 | 4.050 | 2110 | 26.6 |
| 32 | 100 k. de superphosphate. | 1200 k. de sulfate d'ammoniaque de 1875-77; rien depuis............. | 5980 | 4.000 | 1980 | 24.7 |
| | Sans engrais.......... | 1200 k. de sulfate d'ammoniaque de 1875-77; rien depuis............. | 4850 | 2.850 | 2000 | 25.0 |
| 66 | — .......... | 40000 k. de fumier en couverture, 200 k. azotate de soude, 200 k. de superphosphate de 1878-79; rien depuis............................ | 6190 | 4.503 | 1990 | 24.8 |
| 69 | — ........... | 20000 k. de fumier en ouverture, 200 k. azotate de soude, 200 k. de superphosphate en 1878 et 77; rien depuis.......................... | 6800 | 4.800 | 2000 | 25.0 |

montée à 4000 kilos au lieu de tomber à 2850 comme dans la moitié qui n'avait pas eu de superphosphates ; il est vraisemblable cependant que c'est moins à un changement dans la composition chimique du sol qu'à une modification dans les propriétés physiques que sont dus les faibles rendements habituels à cette parcelle ; il est possible que les effets si curieux de coagulation d'argile observés par M. Schlœsing, par les sels de chaux, se produisent quand on ajoute à des sols déjà calcaires des doses considérables de sulfate d'ammoniaque comme celles que nous avons employées.

Le fumier en couverture, employé sur **66** et **69** pendant les années 1878 et 1879, n'exerce plus d'action ; actuellement, les récoltes sont médiocres et bien inférieures à celles des parcelles **17**, **18** et **20**, qui ont eu le fumier enterré.

L'envahissement du blé par la rouille, constaté dès la fin du mois de juin a été la cause évidente de la mauvaise récolte obtenue non seulement sur notre champ d'expériences, mais aussi sur tout le reste du domaine. En examinant le blé récolté, en triant les grains, on en trouvait à peu près la moitié qui étaient mauvais, petits, rabougris, mal remplis. En pesant 10 grammes de blé on y a trouvé 128 grains de bonne qualité pesant $6^{gr}$,12 et 132 grains atrophiés ne pesant que $3^{gr}$,88.

Nous avons voulu savoir si ces mauvais grains présentaient une composition différente de ceux qui s'étaient développés normalement et M. Marchal, chimiste de la station, a été chargé de les analyser ; voici les résultats de ces dosages.

| | Grains de blé de 1882. | |
|---|---|---|
| Pour 100 de matière sèche. | Bien développés. | Mal développés. |
| Azote.................. | 2.30 | 2.23 |
| Matières azotées...... .. | 14.37 | 13.53 |
| Matières grasses........ | 2.38 | 2.26 |
| Amidon................ | 73.00 | 71.50 |
| Humidité............... | 14.00 | 13.98 |

Les différences sont très faibles, et l'avortement des grains est dû à l'insuffisance de tous les éléments qui doivent les constituer et non à la disparition de l'un d'entre eux.

### Culture de l'avoine.

La culture de l'avoine de 1882 est très inférieure à la moyenne générale des quatre dernières années, puisqu'elle s'élève seule-

ment pour l'ensemble des dix parcelles à 4 890 kilos, tandis que la moyenne des années 1878, 79, 80 et 81 est de 6316 kilos; cependant si faible que soit la récolte de 1882, elle dépasse encore celle de 1881 qui était restée à 4095 kilos. La récolte est particulièrement faible comme rendement en grain, nous n'avons eu cette année, sur l'ensemble des dix parcelles, que 1159 kilos de grains, correspondants en le comptant à 40 kilos l'hectolitre, à 28 hect. 9, tandis que l'an dernier nous avions atteint 34 hectolitres; en revanche, l'an dernier, le poids de la paille n'était que de 2678 kilos, il est cette année de 3745 kilos; ainsi récolte de paille passable, récolte de grains détestable, tels sont les résultats de cette année 1882.

Nous les attribuons à l'abondance des plantes adventices dont il est bien difficile de se débarrasser dans un sol qui porte de l'avoine sans interruption depuis 1875.

Nous avons voulu savoir s'il était possible de répéter sur l'avoine l'expérience mémorable exécutée à Rothamsted sur le blé; on sait que les célèbres agronomes anglais qui dirigent l'exploitation de ce domaine sont arrivés à conserver le blé sur le même champ pendant trente années sans aucune interruption et qu'actuellement ils obtiennent des récoltes comparables à celles des premières années quand ils emploient des quantités suffisantes d'engrais; la même expérience tentée sur l'avoine ne paraît pas avoir réussi aussi complètement, on a dû interrompre la série après cinq ans de culture successive, et c'était pour reconnaître si je serais plus heureux à Grignon que j'ai tenté de maintenir l'avoine pendant huit années sur les mêmes parcelles : les dernières récoltes ne sont pas favorables et il semble que la culture de l'avoine sur le même sol devienne de plus en plus difficile à mesure qu'elle a été répétée plus souvent. On en jugera par le tableau suivant indiquant les récoltes moyennes depuis l'origine des expériences.

*Avoine récoltée à l'hectare.*

| | Paille. | Grain. | Volume du grain en hectolitres. |
|---|---|---|---|
| 1875 | 4471 | 2154 | 44.8 |
| 1876 | 4773 | 2954 | 59.2 |
| 1877 | 3957 | 1322 | 31.4 |
| 1878 | 6427 | 2361 | 54.8 |
| 1879 | 4600 | 1848 | 42.6 |
| 1880 | 3931 | 2105 | 52.6 |
| 1881 | 2678 | 1417 | 34.0 |
| 1882 | 2745 | 1159 | 28.9 |

TABLEAU N° II. — CULTURE DE L'AVOINE EN 1882.

| NUMÉROS des PARCELLES. | FUMURE DISTRIBUÉE EN 1882. | FUMURES DISTRIBUÉES LES ANNÉES PRÉCÉDENTES. | POIDS de la RÉCOLTE. | POIDS de la PAILLE. | POIDS du GRAIN. | VOLUME DU GRAIN à 40k l'hect. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 49 | 10.000 k. de fumier.... | 10.000 k. de fumier en 1875-76-77-78-79-80........................ | 4650 | 3650 | 1000 | 25.0 |
| 50 | 10.000 k. de fumier, 100 k. azotate de soude..... | 10.000 k. de fumier, 200 k. superphosphate, 200 k. chlorure de potassium de 1875 à 79 ; 10.000 k. de fumier de 1880 et 81.................... | 4700 | 3800 | 900 | 22.5 |
| 51 | 200 k. azotate de soude. | 100 k. azotate de soude, 100 k. superphostate de 1875 à 79 ; 100 k. azotate de soude en 1880 et 81.................................... | 4690 | 3450 | 1240 | 31.0 |
| 52 | 200 k. azotate de soude, 100 k. superphosphate. | 100 k. azotate de soude, 100 k. chlorure de potassium, 100 k. superphosphate de 1875-79 ; 100 k. azotate de soude, 100 k. chlorure de potassium en 1880 et 81........................................ | 4150 | 2850 | 1300 | 32.5 |
| 53 | Sans engrais.......... | Sans engrais................................................ | 3860 | 2650 | 1210 | 30.2 |
| 60 | — .......... | Sans engrais................................................ | 4470 | 3200 | 1270 | 31.7 |
| 61 | 10.000 k. de fumier en couverture.......... | 10.000 k. de fumier en couverture de 1878-79-80-81.................... | 4600 | 3600 | 1000 | 25.0 |
| 62 | Id. id...... | 10.000 k. de fumier, 200 k. de superphosphate, 200 k. de chlorure de potassium en 1878 et 79, 10.000 k. de fumier en couverture 1880-81.... | 6000 | 4700 | 1300 | 32.5 |
| 63 | 10.000 k. de fumier, 100 k. azotate de soude, 200 k. superphosphate...... | 100 k. superphosphate 1875-77, 5000 k. de fumier, 100 k. chlorure de potassium, 100 k. azotate de soude, 100 k. superphosphate 1878-79 ; 5000 k. de fumier. 100 k. azotate de soude en 1880, 5000 k. de fumier. 100 k. azotate de soude, 100 k. chlorure de potassium en 1881......... | 5200 | 4200 | 1000 | 27.2 |
| 64 | 10.000 k. de fumier, 100 k. azotate de soude, 200 k. superphosphate, 100 k. chlorure de potassium. | 100 k. superphosphate, 100 k. chlorure de potassium 1875-77 ; 500 k. de fumier, 200 k. azotate de soude 1878-79-80-81..................... | 6530 | 5150 | 1380 | 34.5 |

Le produit en paille a été en décroissant d'une façon continue de 1879 à 1881, et il se relève un peu en 1882; pour la production du grain, l'année 1877 avait été détestable, les rendements s'étaient relevés en 1878, 79 et 80, mais ils ont beaucoup décru en 1881 et encore davantage en 1882.

L'envahissement des cultures par les *mauvaises herbes*, suivant l'expression si caractéristique et si souvent employée communément, est bien la cause de la mauvaise récolte de 1882; en effet, cet envahissement a été favorisé par les pluies de la fin de l'été, particulièrement sur les parcelles **49** et **50** qui ont reçu du fumier de ferme. Les 10000 kilos de bon fumier que reçoit **49** depuis le commencement des expériences, lui assure habituellement un bon rendement, il est très faible cette année, de 25 hectolitres seulement; le mélange du fumier et de l'azotate de soude est habituellement très efficace; cependant le produit en paille et le rendement en grain de **50** sont déplorables, plus faibles que sur les parcelles **53** et **60** restées constamment sans engrais, plus faibles également que celui des parcelles **51** et **52** qui ont reçu l'une de l'azotate de soude, l'autre ce sel mélangé à du superphosphate de chaux. Les deux parcelles **53** et **60** séparées l'une de l'autre par un assez grand espace et restées sans engrais depuis l'origine des essais fournissent des récoltes faibles mais analogues l'une à l'autre, ce qui montre que les résultats obtenus sur les autres parcelles ne sont pas fortuites et que les pesées ont été bien exécutées.

Le fumier employé en couverture sur **61** n'a pas produit un meilleur effet que le fumier enterré de **49**; l'addition de l'azotate de soude et du superphosphate sur **63** n'a pas fait monter la récolte bien sensiblement; enfin la parcelle **64** qui avait donné les années précédentes des rendements magnifiques avec 5000 kilos de fumier et 200 d'azotate de soude, est tombée à 34 hect. 5 quand on a changé la fumure, qu'on a employé 10000 kilos de fumier au lieu de 5000 et qu'on a remplacé 100 kilos de nitrate de soude par du superphosphate et du chlorure de potassium.

Si l'on avait voulu établir les résultats économiques de cette culture, ils eussent été déplorables, les parcelles sans engrais ayant été meilleures que presque toutes celles qui avaient reçu du fumier.

Ainsi nous avons échoué dans notre tentative de maintenir indéfiniment l'avoine sur le même sol et il est intéressant de constater que cet échec n'est pas dû à l'épuisement du sol, puisque les par-

celles sans engrais donnent des récoltes meilleures que celles qui ont reçu des fumures abondantes, mais tout simplement à l'envahissement du sol par les plantes adventices qui ont pris possession du sol d'où les travaux d'hiver n'arrivent pas à les expulser; il faut substituer à la céréale une plante sarclée pour lutter victorieusement contre les végétaux qui ont fini par dominer sur la plante qu'on veut cultiver.

### Culture du maïs fourrage.

Cette culture a occupé les mêmes parcelles que l'an dernier, c'est donc la septième année que le même sol portait du maïs fourrage, et il ne semble pas que la terre en soit fatiguée, ni que les insectes aient pullulé d'une façon désastreuse, car la récolte favorisée par une année pluvieuse est restée en moyenne assez élevée.

Les cultures des années précédentes avaient démontré clairement qu'aucun engrais n'exerce une action aussi favorable que le fumier de ferme sur la culture du maïs, et nous trouvons encore cette année que les deux parcelles qui ont donné les meilleurs rendements sont celles qui ont reçu au printemps de 1882 une forte addition de fumier; avec 20 000 kilos, la parcelle **33** a donné 81 000 kilos et avec 40 000 la parcelle **34** en a fourni 85 000; nous reconnaissons une fois de plus que si les fumures très abondantes augmentent les récoltes, elles ne les augmentent pas suffisamment pour couvrir les dépenses qu'elles occasionnent; il est clair que les 4 000 kilos de fourrage obtenus en excès, en faisant passer la fumure de 20 000 kilos à 40 000 kilos sont insuffisants pour payer ces 20 000 kilos; en effet, 4 000 kilos de fourrage vert valent 80 francs environ, or si bas que soit le prix du fumier, il ne peut pas être assez faible pour que 20 000 kilos ne représentent que 80 francs, c'est-à-dire 4 francs la tonne. On a laissé les parcelles **35** et **36** sans engrais depuis 1878; la récolte y est maintenant inférieure à ce qu'elle était il y a quelques années, elle est encore cependant de 65 à 67 000 kilos, bien plus forte que sur la parcelle **37** restée constamment sans engrais depuis le début des expériences; nous n'aurons pas lieu d'en être étonné, puisque les dosages exécutés à la fin de l'année 1881 nous avaient montré dans le sol de **37** une quantité d'azote sensiblement inférieure à celle de **35**.

Nous avons insisté souvent sur l'utilité que présente pour notre

## TABLEAU III. — CULTURE DU MAIS-FOURRAGE EN 1882.

| NUMÉROS des PARCELLES. | FUMURES DISTRIBUÉES EN 1872. | FUMURES DISTRIBUÉES DANS LES ANNÉES PRÉCÉDENTES. | POIDS de la RÉCOLTE VERTE. |
|---|---|---|---|
| 33 | 20.000 k. de fumier de ferme.............. | 20.000 k. de fumier de ferme en 1875, 76, 77, 78, 79, 80, 81.................. | 81.000 |
| 34 | 40.000 k. de fumier de ferme.............. | 40.000 k. de fumier de ferme en 1875, 76, 77, 78, 79, 80, 81.................. | 85.000 |
| 35 | Sans engrais............................ | 80.000 k. de fumier de ferme en 1875, 76, 77, rien en 1878, 79, 80 et 81....... | 65.100 |
| 36 | — ............................ | 80.000 k. de fumier de ferme en 1875, 76, 77, rien en 1878, rien en 1879; 200 k. de sulfate de potasse en 1880 et 81.......................................... | 67.500 |
| 37 | — ............................ | Sans engrais.......................................................... | 48.000 |
| 38 | 400 k. azotate de soude.................. | 400 k. azotate de soude en 1875, 76, 77, 78, 79; rien en 1880 et 81............. | 49.000 |
| 39 | 10.000 k. fumier; 400 k. azotate de soude.. | 100 k. sulfate de potasse en 1880; 400 k. azotate de soude en 1875, 76, 77, 78, 79; 100 k. sulfate de potasse en 1881........................................ | 62.000 |
| 40 | 400 k. superphosphate; 10.000 k. de fumier. | 400 k. azotate de soude; 400 k. superphosphate en 1875, 76, 77, 78; 2300 k. engrais Souffrice en 1879; 10 000 k. tourbe en 1880 et 81..................... | 62.000 |
| 41 | 10.000 de fumier; 400 k. chlorure de potassium.................................. | 400 k. azotate de soude et 400 k. superphosphate en 1875, 76, 77, 78, et 150 k. engrais Souffrice en 1879; 10.000 k. de tourbe et 100 k sulfate de potasse en 1880 et 81........................................................ | 67.000 |
| 42 | 400 k. azotate de soude; 400 k. de superphosphate; 400 k. de chlorure de potassium; 10.000 k. de fumier..................... | 1200 k. azotate de soude en 1875, 76, 77; rien en 1878, 79, 80, 81............ .. | 63.000 |

sol de Grignon le fractionnement des fumures, nous en avons une preuve bien évidente en comparant les récoltes que fournit actuellement **33** à celles qu'on obtient sur **35** ou **36**; ces parcelles ont reçu pendant les trois années 1875-76 et 77, 80 000 kilos de fumier de ferme chaque année, en tout 240 000 kilos ; **33** a reçu pendant sept ans 20 000 kilos chaque année, c'est-à-dire en tout 140000 kilos; comparons actuellement les récoltes obtenues.

| | Parcelle 33. | Parcelle 35. |
|---|---|---|
| 1876 | 69.500 | 75.800 |
| 1877 | 89.500 | 108.000 |
| 1878 | 75.500 | 74.000 |
| 1879 | 68.000 | 80.000 |
| 1880 | 76.000 | 68.000 |
| 1881 | 86.600 | 86.000 |
| 1882 | 81.100 | 65.100 |
| Somme....... | 547.900 | 576.900 |
| Moyenne...... | 78.271 | 82.414 |

Ainsi, bien qu'on ait dépensé, sur **35**, 100 000 kilos de fumier de plus que sur **33**, on a obtenu seulement, pendant l'ensemble de sept récoltes 4000 kilos de plus.

Je crois fermement que les cultivateurs qui occupent des terres légères comme celles de Grignon auraient grand avantage à modifier le système de fumure généralement employé et qu'ils se trouveraient bien de répandre leurs engrais plus fréquemment et à plus faible dose qu'ils ne le font habituellement.

L'avantage de l'emploi du fumier de ferme pour la culture du maïs fourrage est acquis, mais il faut bien reconnaître que, si le résultat obtenu est intéressant, s'il indique la voie dans laquelle il conviendrait de s'engager pour obtenir les résultats les plus favorables, le cultivateur se trouve souvent par la pénurie de fumier, dans l'impossibilité de profiter de ces indications ; c'est précisément parce qu'il manque de fumier qu'il a recours aux engrais de commerce ; il était donc intéressant de rechercher une fois de plus s'il y avait possibilité de remplacer tout ou partie du fumier par des engrais chimiques ; nous avons donc répandu, sur **38**, 400 kilos d'azotate de soude, sur **39**, encore 400 kilos de ce même sel additionnés de 10 000 kilos de fumier ; **40**, **41**, **42** ont reçu également 10000 kilos de fumier de ferme, mais additionnés, sur **40**, de 400 kilos de superphosphates, sur **41** de 400 kilos de chlorure de potassium, sur **42**, enfin, de ces trois sels.

La substitution de l'azotate de soude au fumier a été tout à fait fâcheuse ; la récolte de **38** à été a peu près celle de la parcelle **37** laissée constamment sans engrais, à 1000 kilos près; l'année ayant été très humide, il est probable que l'azotate de soude a été rapidement entraîné sans profit pour la récolte ; l'influence des 10 000 kilos de fumier sur **40**, **41** et **42** a été au contraire très sensible, et si la nature du sel ajouté a été indifférente sur **39** et **40** qui fournissent l'une et l'autre 62 000 kilos de fourrage, il est à remarquer qu'avec l'addition du chlorure de potassium la récolte de **41** s'est élevée à 67 000 kilos ; on ne saurait affirmer toutefois que ce résultat est dû à la potasse, car la parcelle **42** qui a eu également du chlorure de potassium, et en plus de l'azotate de soude et du superphosphate, est restée a 63 000 kilos ; quoiqu'il en soit, de tous les sels ajoutés au fumier de ferme, un seul a montré une certaine efficacité, c'est le chlorure de potassium ; il est en outre à remarquer, qu'en 1881, cette même parcelle **41** qui avait reçu 10 000 kilos de tourbe et 100 kilos de sulfate de potasse avait fourni 68 500 kilos de fourrage, atteignant ainsi le rendement le plus élevé qu'aient donné les engrais artificiels ; il y a là une indication qu'il sera intéressant de vérifier par de nouvelles expériences. En somme il est facile de voir que l'emploi des engrais chimiques n'a pas été avantageux ; en effet en répandant 20 000 kilos de fumier on a obtenu 81 000 kilos de fourrage ; en remplaçant 10 000 kilos de fumier par les engrais salins, on est tombé à 62 000 kilos, la différence est de 19 000 kilos valant 380 francs ; on a dépensé il est vrai 140 francs d'azotate de soude, au lieu de 200 francs de fumier, mais la différence est encore à l'avantage de ce dernier. Ce même avantage persiste quand on a employé 80 fr. de superphosphates au lieu des 200 francs de fumier ; en effet la dépense sur **33** est de 400 francs de fumier qui ont fourni 1620 francs de fourrage, tandis que la dépense de 280 francs de **40** n'a fourni que 1240 francs de fourrage, la différence des produits est de 300 francs et celle des engrais de 120 francs seulement.

### Culture des betteraves.

Nous avions établi, l'an dernier, la culture des betteraves sur des parcelles qui avaient porté pendant six ans du maïs fourrage, mais dont les unes avaient eu les années précédentes du fumier de ferme, tandis que les autres recevaient du sulfate d'ammoniaque ; or le

sol amendé avec ce sulfate, avait été modifié d'une façon si désastreuse qu'en 1881, malgré une bonne fumure de 20 000 kilos de fumier de ferme, la récolte sur les deux parcelles **43** et **44** était tombée au-dessous de 40 000 kilos, tandis qu'une parcelle restée sans engrais en 1881, mais amendée pendant trois ans avec 40 000 kilos de fumier de ferme en couverture, donnait 61 000 kilos de racines; nous avons voulu savoir si après une seconde année de fumure au fumier de ferme nous pourrions ramener la fertilité sur ces sols partiellement stérilisés par l'emploi du sulfate d'ammoniaque; nous avons voulu savoir en outre si l'addition des engrais chimiques au fumier exercerait une action avantageuse, et l'on a employé les fumures indiquées au tableau n° III.

On a déterminé en outre la richesse des betteraves en prenant dans chaque parcelle des lots bien homogènes, composés avec soin de grosses betteraves, de moyennes et de petites, de façon à représenter autant que possible la composition des parcelles et on a cherché le sucre par le saccharimètre à pénombre; en multipliant le chiffre ainsi trouvé par le poids des betteraves à l'hectare, on a pu calculer la quantité de sucre élaboré.

La parcelle **43** qui avait reçu, en 1881, 20 000 kilos de fumier, et qui avait donné le très faible rendement de 36 500 kilos, le moins élevé de toute la série, n'a donné encore en 1882, que 39 200 kilos, malgré une nouvelle fumure de 20 000 kilos; on ne peut pas supposer que cette parcelle présente un sol moins profond, plus aride que ses voisines, car cultivée en maïs fourrage pendant les années 1876-1879, elle n'a montré aucune particularité et son rendement était aussi élevé que celui des parcelles voisines; après deux ans de fumure au fumier de ferme elle n'est pas encore rétablie; peut-on hâter son rétablissement en ajoutant au fumier de ferme d'autres engrais? c'est ce qu'on a tenté en additionnant les 20 000 kilos de fumier distribués à **44**, à **45** et à **46** de 200 kilos d'azotate de soude et de 200 kilos de superphosphates, enfin de ces deux sels auxquels on avait ajouté encore 200 kilos de chlorure de potassium; ces additions n'ont pas été inutiles, car sous leur influence la récolte a monté; l'azotate de soude s'est montré le plus efficace; de 39 200 kilos de racines obtenus sur **43**, il a élevé la récolte à 44 000 kilos; sur **45**, le superphosphate, à son tour, a élevé la récolte de 44 000 à 48 800; enfin le chlorure de potassium ne l'a plus fait monter qu'à 50 000 kilos.

TABLEAU N° IV. — CULTURE DE LA BETTERAVE EN 1882.

| NUMÉROS des PARCELLES. | FUMURES DISTRIBUÉES EN 1882. | FUMURES DISTRIBUÉES LES ANNÉES PRÉCÉDENTES. | POIDS DES RACINES à l'hectare. | SUCRE DANS 100 parties. | POIDS DU SUCRE. à l'hectare. |
|---|---|---|---|---|---|
| 43 | 20.000 k. de fumier........ | 400 k. sulfate d'ammoniaque en 1875-76-77-78-79; rien en 1880; 20.000 k. de fumier de ferme en 1881........................ | 39.200 | 13.205 | 5176.36 |
| 44 | 20.000 k. de fumier; 200 k. azotate de soude......... | 400 k. de sulfate d'ammoniaque en 1875-76-77-78; 100 k. sulfate de potasse en 1880; 20.000 k. de fumier de ferme en 1881.......... | 44.000 | 13.407 | 5899.08 |
| 45 | 20.000 k. de fumier; 200 k. azotate de soude; 200 k. de superphosphate....... | 400 k. de sulfate d'ammoniaque; 400 k. de superphosphate 1875-76-77-78; 2000 k. engrais Coignet en 1879; 10.000 k. de tourbe en 1880; 10.000 k. de fumier de ferme, 200 k. d'azotate de soude en 1881... | 48.800 | 12.906 | 6298.13 |
| 46 | 20.000 k. de fumier; 200 k. azotate de soude; 200 k. de superphosphate; 200 k. de chlorure de potassium.... | 400 k. sulfate d'ammoniaque; 400 k. superphosphate en 1875-76-77-78; 1000 d'engrais Coignet en 1879; 100 k. sulfate de potasse en 1880; 10.000 k. de fumier, 200 k. d'azotate de soude en 1881..... | 50.000 | 12.949 | 6474.50 |
| 47 | 200 k. azotate de soude; 100 k. de chlorure de potassium. | 40) k. superphosphate en 1875-76-77-78; rien en 1879; 500 k. de tourbe en 1880; rien en 1881................................ | 40.500 | 13.834 | 5572.27 |
| 48 | 2000 k. de fumier; 200 k. superphosphate............ | 1200 k. de sulfate d'ammoniaque en 1875-76-77; rien en 1878-79-80; 20.000 k. de fumier en 1881................................ | 41.000 | 12.810 | 5252.10 |
| 65 | Sans engrais............... | 40.000 k. de fumier en couverture en 1878-79-80; sans engrais en 1881. | 50.400 | 13.732 | 6921.94 |
| 68 | — ............... | 200 k. azotate de soude; 20000 k. de fumier en couverture; 200 k. de superphosphate en 1878-79; 20000 k. de fumier en couverture en 1880; 200 k. azotate de soude en 1881...................... | 51.600 | 12.040 | 6212.64 |

La différence entre **43** et **46** est de 5 tonnes de betteraves environ, ou de 100 francs en les comptant à 20 francs la tonne, or les 200 kilos d'azotate ont coûté 70 francs; il y a donc un petit bénéfice de 30 francs dû à l'emploi de l'azotate de soude; la différence de valeur de la récolte de **45** et de **46** est de 4800 kilos ou de 98 francs; en en retranchant les 40 francs, valeur de 200 kilos de superphosphate, il reste un bénéfice de 58 francs occasionné par l'emploi de cet engrais; en revanche, les 22 francs de supplément obtenus par l'emploi des 200 kilos de chlorure de potassium sont loin de représenter sa valeur. Aussitôt qu'on cesse l'emploi du fumier, le rendement tombe; **47** ne donne que 40 500 kilos de racines; au reste, quand le fumier n'est pas soutenu d'azotate de soude, il ne fournit également qu'une récolte médiocre; **48**, avec 20 000 kilos de fumier et 200 kilos de superphosphates ne donne que 41 000 kilos de racines; en revanche, les deux parcelles **65** et **68** qui sont restées sans engrais en 1882 bénéficient encore des bonnes fumures précédentes et donnent 50 400 et 51 600 kilos de racines.

La variété de betteraves semées en 1882, appartient aux *Collets roses* de M. Vilmorin, la teneur en sucre sans être remarquable, est satisfaisante, sur aucune parcelle les betteraves ne sont tombées au-dessous de 12 p. 100 de sucre; la parcelle la moins bonne est **68** qui a fourni le rendement le plus élevé. Il y a déjà neuf ans que nous avons reconnu, M. Fremy et moi, que les engrais azotés exerçaient une influence fâcheuse sur la qualité de la betterave [1]; depuis cette époque ce fait important a été vérifié un grand nombre de fois, le champ d'expériences en fournit une preuve nouvelle puisque l'excès d'engrais azoté distribué sur **68** pendant ces dernières années a déterminé du même coup le maximum de rendement et le minimum de richesse; la parcelle **65** restée sans engrais en 1881 et 1882 donne 50 000 kilos de betteraves au lieu de 51600; mais ces racines renferment 13,732 de sucre; aussi le produit à l'hectare est de 6 921 kilos, c'est le plus élevé de la série, il dépasse de près de 700 kilos la parcelle voisine.

La parcelle **47** est restée pendant sept ans sans recevoir d'engrais azoté, en 1882, il est vrai, on lui a distribué 200 kilos d'azotate de soude, mais le rendement est cependant faible, cette médiocre

1. *Ann. agron.*, t. I, p. 161, 1875.

fumure n'a pu combattre l'épuisement occasionné par les labours annuels et l'oxydation qu'ils provoquent; il est probable que le sol **47** est pauvre, aussi la betterave y est-elle d'une remarquable qualité, elle renferme 13 p. 100 de sucre; quant à la parcelle **48** qui donne à la fois un rendement très faible et une betterave pauvre, la quantité d'azote qu'elle renferme est considérable, mais il est probable que le sol lui-même a été modifié dans ses propriétés physiques par les doses énormes de sulfate d'ammoniaque qu'il a reçu pendant plusieurs années; nous avons déjà à diverses reprises essayé de nous rendre compte des modifications bien connues que les engrais chimiques provoquent dans les propriétés physiques du sol, nous n'y avons pas encore réussi assez complètement pour qu'il soit utile aujourd'hui d'aborder ce sujet.

La teneur en sucre des autres parcelles varie de 13, 4 à 12, 9, c'est-à-dire est comprise entre des limites assez étroites pour qu'il soit inutile de discuter sur des différences aussi minimes; on a prétendu, il y a plusieurs années, que les engrais de potasse avaient une influence sensible sur l'élaboration du sucre par les betteraves; dans les essais que nous avons tenté sur ce sujet (1867-68) nous n'avons rien trouvé de semblable; or, si la parcelle **47** qui a reçu du chlorure de potassium donne des betteraves à 13 p. 100 de sucre, la parcelle **65** qui n'en a pas reçu fournit des racines présentant exactement la même richesse, et **46** sur lequel on a répandu du chlorure de potassium, donne des betteraves à 12, 9 p. 100 de sucre; nous ne trouvons donc aucun argument en faveur de cette opinion un peu délaissée aujourd'hui, il faut le reconnaître; les superphosphates auxquels on a attribué également une influence heureuse ne paraissent pas exercer cette action sur notre sol de Grignon; **45**, **46** et **48** qui en ont reçu donnent des betteraves qui n'atteignent pas 13 p. 100 de sucre.

### Culture du sainfoin.

Le sainfoin qui a remplacé les betteraves sur les parcelles de **1**, à **46**, **67** et **70** a duré pendant les trois années 1879, 80 et 81, à la fin de cette saison il était tellement envahi par les graminées qu'on l'a retourné, mais on a ensemencé ces parcelles de nouveau en sainfoin; nous avons été conduit à rétablir cette culture sur les parcelles qui l'avait déjà portée par deux raisons importantes l'une

et l'autre; il a été reconnu à bien des reprises différentes par les cultivateurs qu'un sol occupé pendant plusieurs années par une légumineuse était souvent devenu incapable d'en porter de nouveau; il était intéressant de voir s'il en est ainsi pour notre sol de Grignon, et dans le cas où le sainfoin disparaîtrait, rapidement étouffé par des graminées adventices, l'analyse du sol nous fournira le sujet d'une recherche importante des causes auxquelles il faudrait attribuer cette stérilité spéciale.

On se rappelle en outre les résultats obtenus par l'analyse du sol et du sous-sol de ces parcelles, tandis que pendant les quatre premières années de culture en betteraves et maïs, malgré l'apport de doses considérables d'engrais, l'azote et le carbone des matières organiques avaient considérablement baissé, pendant les trois dernières (sainfoin), ces deux éléments étaient restés stationnaires, l'azote même s'était légèrement accru, bien que le sol n'eût reçu aucune fumure et qu'il eût nourri d'abondantes récoltes de fourrage. Nous avons attribué à l'action de l'air brûlant la matière organique, transformant son carbone en acide carbonique, métamorphosant son azote en acide azotique, l'épuisement constaté pendant la première période; pendant la seconde celle où la terre est couverte de sainfoin, l'air n'a pu pénétrer aisément au travers du lacis végétal qui couvre le sol, les actions oxydantes se sont mal produites, et les causes d'enrichissement : fixation d'azote atmosphérique, apport d'ammoniaque ont pu se produire, les gains ont surpassé les pertes : en sera-t-il de même pendant une seconde période de culture de sainfoin, c'est là ce qui nous a décidé à maintenir cette légumineuse sur ces mêmes parcelles.

Le semis du sainfoin a eu lieu en avril, la graine a bien levé, on a fait une seule coupe qui a fourni les chiffres portés au tableau n° V.

Les différences ne peuvent être attribuées qu'aux résidus laissés par les anciennes fumures, car on n'a rien donné en 1882; on voit que les deux parcelles qui ont fourni les meilleures récoltes sont 3 et 4 qui avaient reçu de 1875 à 1878, 80000 kilos de fumier, ce sont les deux seules parcelles qui aient fourni plus de 5000 kilos de foin; pour toutes les autres, les chiffres sont très voisins, et oscillent entre 4000 et 5000 kilos. Le seul point important à signaler est que le sainfoin a pris possession du sol, il s'y est développé sans cependant montrer la même vigueur qu'en 1879 au moment où la

TABLEAU V. — CULTURE DU SAINFOIN EN 1882.

| NUMÉROS DES PARCELLES. | FUMURES DISTRIBUÉES DEPUIS 1875. | FOIN recueilli A L'HECTARE. |
| --- | --- | --- |
| 1 | 20.000 k. de fumier; rien depuis 1879 | 4100 |
| 2 | 40.000 k. de fumier; *id.* | 4675 |
| 3 | 80.000 k. de fumier de 1875 à 77; rien en 1875 et 79; 200 k. de sulfate de potasse en 1880 et 81; rien en 1882 | 5250 |
| 4 | 80.000 k. de fumier; 1000 k. de superphosphate de 1875 à 77; rien en 1878 et 79; 200 k. de sulfate de potasse en 1880 et 81; rien en 1882 | 5100 |
| 5 | Sans engrais | 4050 |
| 6 | 400 k. azotate de soude de 1875 à 78; rien en 1879; 200 k. de sulfate de potasse en 1880 et 81; rien en 1882 | 4500 |
| 7 | 400 k. azotate de soude de 1875 à 78; rien en 1879; 20.000 k. de tourbe en 1880-81; rien en 1882 | 4300 |
| 8 | 400 k. azotate de soude; 400 k. de superphosphate de 1875 à 78; rien de 1879 à 82 | 4200 |
| 9 | 400 k. azotate de soude; 400 k. de superphosphate de 1875 à 78; rien en 1879; 20.000 k de tourbe; 400 k. de sulfate de potasse en 1880; 2000 k. de tourbe; 200 k. de sulfate de potasse en 1881; rien en 1882 | 4450 |
| 10 | 1200 k. azotate de soude de 1875 à 1878; rien de 1879 à 82 | 4350 |
| 11 | 400 k. de sulfate d'ammoniaque de 1875 à 1878; rien en 1879; 200 k. de sulfate de potasse en 1880 et 81; rien en 1882. | 4250 |
| 12 | 400 k. de sulfate d'ammoniaque de 1875 à 78; rien en 1879; 200 k. de tourbe en 1880; 20.000 k. de tourbe en 1881; rien en 1882 | 3850 |
| 13 | 400 k. de sulfate d'ammoniaque; 400 k. de superphosphate de 1875 à 78; rien de 1879 à 82 | 4175 |
| 14 | 400 k. de sulfate d'ammoniaque; 400 k. de superphosphate de 1875 à 78; rien en 1879; 2000 k. de tourbe, 200 k. de sulfate de potasse de 1880 à 81; rien en 1882; 400 k. de superphosphate de 1875 à 78; rien de 1879 à 82 | 4650 |
| 15 | 400 k. de superphosphate de 1875 à 78; rien de 1879 à 82 | 4400 |
| 16 | 1200 k. de sulfate d'ammoniaque de 1875 à 77; rien de 1878 à 81; en 1882 { partie nord, 100 k. de superphosphate. / partie sud, sans engrais | 4300 / 4600 |
| 67 | Sans engrais de 1875 à 77; 40.000 k. de fumier en couverture en 1878; rien en 1879; 400 k. de sulfate de potasse en 1880; 400 k. azotate de potasse; 200 k. azotate de soude en 1881; rien en 1882 | 4575 |
| 70 | 20.000 k. de fumier en couverture; 200 k. azotate de soude; 200 k. superphosphate en 1878; rien en 1879; 100 k. sulfate de potasse en 1880 et 81; rien en 1882 | 4000 |

culture a commencé ; cette année-là on put faire deux coupes, et l'ensemble dépassa 7000 kilos sur les quatres premières parcelles, 5000 sur les parcelles qui étaient restées sans engrais les années précédentes ou qui avaient reçu de l'azotate de soude, en revanche les différences entre la récolte de 1882 et celle de 1879 sont très faibles sur les parcelles qui avaient reçu du sulfate d'ammoniaque ou du fumier enterré de 1875 à 1879.

L'influence des anciennes fumures s'est donc effacée peu à peu et le sol présente une uniformité presque complète, attestée aussi bien par l'abondance des récoltes que par l'analyse (*Annales*, t. VIII, p. 321).

---

## TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

---

### Sur la nitrification

PAR M. WARINGTON.

Nos lecteurs connaissent depuis longtemps les importantes recherches de MM. Schlœsing et Müntz sur la nitrification dans le sol; nous reproduisons ici les résultats auxquels on est arrivé au laboratoire de Rothamsted en étudiant le même sujet. Le travail de M. Warington confirme pleinement, comme on va le voir, les conclusions des savants français; il établit, en outre, quelques points nouveaux qui ne manquent pas d'intérêt pour l'étude si complexe de la transformation des matières azotées dans le sol (*Journal of the chemical Society*, 1879).

Dans une précédente communication, j'ai fait voir qu'une dissolution faible de chlorhydrate d'ammoniaque, additionnée d'une petite quantité de tartrate et de phosphate de potasse, avec un excès de carbonate de chaux, se nitrifie rapidement quand on l'ensemence avec quelques gouttes d'une liqueur qui s'est précédemment nitrifiée. J'ai entrepris alors plusieurs séries d'expériences dans des dissolutions de nature différente, et de composition bien définie. Bien que dans ces circonstances, l'oxydation soit sans doute moins rapide que dans un sol poreux, ce mode d'expérimentation présente l'avantage de permettre la détermination exacte de tous les changements qui peuvent se produire dans la composition des matières employées.

Voici, en résumé, les principaux résultats qui ont été obtenus :

1° Une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque, additionnée de toutes les matières qui servent à la nourriture des plantes, ne se nitrifie jamais en l'absence de germes;

2° Une solution de sel ammoniac, renfermant du phosphate et du sulfate de potasse, mais pas de sels organiques ni de carbonate de chaux, ne se nitrifie pas, même après avoir été ensemencée;

3° Une solution de sel ammoniac, additionnée de phosphates et sulfates de potasse, de chaux et de magnésie, et de sucre de canne ne se nitrifie pas, même après avoir été ensemencée;

4° Une solution de sel ammoniac, additionnée de phosphates, de sulfate et de tartrate de potasse, se nitrifie après ensemencement; mais la nitrification est toujours très lente, la base salifiable étant fournie seulement par la décomposition graduelle du tartrate de potasse;

5° La nitrification n'est rapide qu'autant qu'on ajoute un excès de base salifiable. Le carbonate de chaux convient très bien;

6° La nitrification peut se produire dans des liqueurs exemptes de chaux;

7° Une proportion de carbone organique (du tartrate) égale aux 3/10 de l'azote ammoniacal est plus que suffisante pour alimenter le ferment;

8° Des dissolutions contenant jusqu'à 640 milligrammes par litre de sel ammoniac peuvent être entièrement nitrifiées. La limite supérieure de concentration, au-delà de laquelle la nitrification ne peut plus se produire, n'a pas encore été déterminée ;

9° La nitrification n'est pas due au développement des moisissures qui apparaissent dans les dissolutions tartriques;

10° La nitrification n'est pas causée par les bactéries; ces êtres peuvent se développer dans un liquide de composition convenable sans y produire de nitrates[1] ;

11° La lumière arrête la nitrification. Dans 12 expériences sur 13, la nitrification a été empêchée, ou considérablement ralentie par l'exposition à la lumière, ou plutôt par des alternatives de lumière et d'obscurité. Il semble que le ferment nitrique soit tué par la lumière : dans ces conditions, il se forme une quantité notable d'azo-

1. M. Warington n'avait en vue, dans cette conclusion, que les bactéries ordinaires des fermentations, et non pas les bactéridiens du sol.

tites, même en dissolution étendue. Cette question exige de nouvelles recherches ;

12° La nitrification s'arrête à 40° : cette température longtemps soutenue paraît détruire le ferment ;

13° L'addition d'une petite quantité de liquide nitrifiant à une dissolution de composition convenable ne détermine pas immédiatement la nitrification ; celle-ci ne commence à se produire qu'après un temps de repos souvent fort long. Ce fait peut tenir à ce que le ferment doit d'abord se multiplier dans le liquide pour que son action devienne sensible, ou bien encore à un état de passivité que prend le ferment dans les vieilles dissolutions, comme cela arrive pour beaucoup d'autres organismes inférieurs ;

14° La période d'incubation est plus longue dans les dissolutions concentrées que dans les dissolutions étendues ;

15° L'élévation de la température, maintenue entre certaines limites réduit considérablement la période d'incubation : elle est sensiblement plus longue à 20° qu'à 30° ;

16° La période de nitrification est plus longue dans les dissolutions concentrées que dans les dissolutions étendues ; cependant, toutes choses égales d'ailleurs, il se forme, pendant le même temps, plus de nitre dans les dissolutions concentrées que dans les liqueurs étendues ;

17°-18° La nitrification devient plus rapide à mesure que la température s'élève, au moins jusqu'à 20° ;

19° La nitrification ne se produit pas toujours avec la même vitesse ; elle commence lentement, devient peu à peu plus rapide, et enfin se ralentit jusqu'au moment où elle est complète ;

20° La fermentation nitrique donne naissance, tantôt à de l'acide nitrique, tantôt à de l'acide nitreux : il se forme de l'acide nitrique dans les dissolutions faibles, froides et maintenues à l'obscurité ; l'acide azoteux se produit de préférence dans les dissolutions concentrées dont on élève la température ou qu'on expose à la lumière. Les dissolutions étendues et froides dans lesquelles la nitrification a été suspendue par l'absence de base salifiable, donnent aussi de l'acide nitreux quand on ajoute au liquide la base nécessaire ;

21° Il ne semble pas que la production de l'acide nitreux soit attribuable à un manque d'oxygène, elle paraît être due plutôt au changement de conditions dans lesquelles le ferment a l'habitude de vivre ;

22° Les azotites qui se forment quelquefois dans le cours de la fermentation se changent à leur tour en nitrates lorsque l'ammoniaque a entièrement disparu. Quelquefois, cependant, ils persistent, c'est ce qui arrive lorsque les dissolutions restent exposées à la lumière du jour;

23° Dans certains cas le ferment nitrique ne produit que de l'acide nitreux; il est alors incapable d'oxyder les azotites, même à l'obscurité complète;

24° L'azote de l'ammoniaque employée ne se retrouve pas intégralement dans l'acide nitrique produit; en moyenne, sur dix expériences, on en a trouvé 93,7 pour cent. Le maximum observé a été 96, le minimum 84,7;

25° Une solution d'azotite de potasse peut rester à l'air pendant fort longtemps sans subir d'altération : il en est de même si on l'additionne de tartrates, de phosphate et de carbonate de chaux. Mais si une semblable liqueur est additionnée de quelques gouttes d'un liquide nitrifiant, l'oxydation des nitrites s'effectue rapidement. La transformation des azotites en nitrates paraît se produire seulement à l'obscurité complète.

## Recherches sur le rôle de la chaux pendant la germination

PAR M. VON LIEBENBERG[1].

Il y a quelques années, M. Bœhm publia les résultats d'une expérience bien curieuse qu'il a faite sur la germination du haricot d'Espagne dans l'eau distillée. Dans ces conditions la jeune plante arrivée à un certain degré de développement, peu avancé du reste, se flétrit et se dessèche bien avant que tous les matériaux de réserve, accumulés dans les cotylédons aient été utilisés. De plus, cette plante offre un facies tout spécial, en ce que les parties inférieures de la tige sont extraordinairement gonflées, tandis que le sommet est resté grêle. On dirait que les matières de la graine éprouvent une certaine difficulté à cheminer dans la tige. Cette expérience, d'après M. Bœhm, est assez délicate ; en effet une *trace* de chaux suffirait à faire *partir* la plante; la faible quantité de cette matière que les plantes, sans doute, par le dégagement d'acide carbonique, peuvent arracher à la matière même du vase dans lequel

1. Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wissench. in Wien, 1881 (séance du 13 octobre 1882)

on fait l'expérience, suffirait pour annuler l'effet caractéristique du manque de chaux : aussi M. Bœhm opère-t-il dans des vases de cuivre argentés à l'intérieur.

M. Bœhm en conclut : 1° que la plante ne peut utiliser les matériaux de réserve de la graine que tant qu'il y reste de la chaux, que ce phénomène de *translocation* cesse aussitôt que la chaux est épuisée et que la jeune plante ne peut pas en prendre au dehors; 2° que la chaux joue, dans la construction de la membrane cellulaire le même rôle que dans la transformation du cartilage en os, qu'elle constitue en quelque sorte le squelette de cette membrane; 3° qu'elle intervient également dans le transport de l'amidon, puisque, faute de chaux, cet hydrate de carbone s'accumule dans les entre-nœuds inférieurs et n'arrive pas jusqu'au sommet de la plante.

Ces expériences ont été répétées par MM. E. von Raumer et Ch. Kellermann[1] avec le même résultat, mais ces auteurs croient devoir se contenter d'admettre que la chaux est nécessaire à la transformation des matériaux de réserve en matériaux de construction.

Tel était l'état de la question lorsque M. von Liebenberg a entrepris de la soumettre à de nouvelles études.

Les expériences qu'il a faites, se groupent en deux catégories :

1° L'influence de la chaux et des autres matières minérales nécessaires au développement des plantes, sur la germination et l'utilisation des matériaux de réserve.

2° Le rôle physiologique de la chaux et la physionomie des plantes élevées dans un milieu privé de chaux.

Sans nous étendre sur les différentes particularités qui ont été observées pendant la végétation d'un assez grand nombre d'espèces, nous donnons ci-dessous les résultats de la première série :

1° La présence de la chaux est absolument indispensable pendant la germination des plantes suivantes : *Phaseolus multiflorus*, *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum*, *Vicia sativa*, *Ervum Lens*, *Ervum Ervilia*, *Medicago sativa*, *Ricinus africanus*, *Soja hispida*, *Cucurbita Pepo*, *Cucumis sativus*, *Brassica oleracea*, *Cannabis sativa*, *Helianthus annuus*, *Zea Mais*.

2° La présence de la chaux n'est pas indispensable pendant la germination des :

1. Uber die Funktion des Kalkes in lebenden Pflanzen, Landwirthsch. Vers. — That., 1880.

*Brassica Napus oleifera, Sinapis alba, Papaver somniferum Carum carvi.*

Elle est avantageuse, mais non indispensable pour :

*Polygonum Fagopyrum, Linum usatissimum.*

3° La présence de tous les sels nourriciers est *avantageuse* pour *Polygonum Fogopyrum, Brassica aleracea, B. Nadus oleifera, Ricimus africanus, Cucurbita Pepo, Sinapis alba, Papaver somniferum, Helianthus annuus, Zea Mais, Carum carvi.*

4° Les matières salines nourricières favorisent pendant quelque temps le développement des jeunes plantes, en l'absence de chaux :

*Polygonum Fagopyrum, Zea Mais.*

5° La luzerne exige, pour épuiser les matériaux de réserve, des matières salines autres que la chaux.

Il paraît donc bien établi que nous possédons un certain nombre de graines d'une structure incomplète, en ce sens qu'elles ne renferment pas la quantité de chaux nécessaire à l'utilisation des matières organiques de réserve. Néanmoins les cotylédons d'une plante morte, faute de chaux, renferment encore une quantité notable de ce corps, mais il faut croire qu'il s'y trouve sous une forme telle qu'il ne peut pas se dissoudre assez rapidement pour nourrir la jeune plante. Ceci explique pourquoi, après la mort de la pousse principale, il peut se développer des pousses secondaires destinées à périr bientôt à leur tour. MM. Raumer et Kellermann admettent que les pousses latérales absorbent la chaux devenue libre par la destruction de l'axe primaire, mais elles se développent également, quoique moins rapidement, lorsqu'on éloigne celui-ci aussitôt qu'il commence à souffrir.

Quant à l'influence de la chaux sur le déplacement de l'amidon, l'auteur n'admet pas d'une manière générale que l'amidon reste accumulé dans les entre-nœuds inférieurs; il a vu périr des plantes dont les entre-nœuds supérieurs en contenaient une quantité notable, mais ces phénomènes sont trop irréguliers pour qu'il ose émettre un avis définitif[1].

## De l'influence des engrais artificiels sur les propriétés du sol

PAR LE PROFESSEUR E. WOLLNY.

Certains sels exercent une influence sur l'émiettement du sol, c'est-à-dire sur l'une des conditions les plus importantes de sa

1. Voyez sur ce sujet le mémoire publié dans le même volume, par MM. *Dehérain et Bréal*, p. 58.

fécondité. Prenons un limon argileux, obtenu par exemple, en délayant du kaolin dans de l'eau bouillante; abandonnons au repos : les particules terreuses tomberont au fond du vase, régulièrement, et se superposeront suivant leur poids spécifique. Si, au lieu d'eau pure on emploie de l'eau contenant une très faible quantité d'ammoniaque, d'alcalis, de phosphates ou de carbonates alcalins, c'est encore ainsi que se fait le dépôt, sous forme d'une couche dense, dont les éléments sont fortement agglomérés.

Mais, toute autre est l'action, quand, au lieu des corps précédents, l'eau renferme des acides minéraux : acide sulfurique, acide nitrique, acide chlorhydrique, ou des sels de ces acides. C'est en flocons que le limon se précipite, et le précipité spongieux occupe un volume plus considérable que dans le premier cas. Du premier fait, il résulte que les engrais contenant des carbonates alcalins feront obstacle à l'émiettement de la couche arable. A ce propos, W. Hilgard rappelle l'exemple des « terres alcalines » de la Californie, où, près de champs couverts d'efflorescences de sulfate de soude, de sel marin, etc., en sont d'autres, riches en carbonates alcalins : ces derniers se reconnaissent immédiatement à leur dureté, à leur densité, et à la presque impossibilité qu'on éprouve à les émietter.

Les autres sels, comme le salpêtre du Chili, etc., favorisent l'émiettement. Toutefois, leur effet ne dure que tant qu'ils se trouvent en dissolution dans la couche arable. Si les eaux de pluie les lavent et les emportent, ce qui arrive d'autant plus facilement que la terre n'exerce pas sur eux, en général, de pouvoir absorbant, la surface du champ se recouvre d'une vase épaisse, imperméable à l'air et à l'eau, tout à fait stérile. L'influence fâcheuse des sels en question ne se manifeste pas tout de suite : au contraire, leur apport permet d'atteindre de très fortes récoltes; jusqu'à ce que, la plus grande partie de l'engrais ayant été emportée par les pluies, un revirement soudain se produise.

Ainsi, les engrais riches en chlorures, azotates et sulfates (sel de Stassfurt; salpêtre du Chili...), agissent à la manière d'une inondation d'eau salée sur les terres limoneuses et argileuses, en leur donnant des propriétés mécaniques qui les rendent, pour longtemps, impropres à la culture. Les exemples ne manquent pas; et c'est pour cela, qu'en Angleterre, les engrais à base de salpêtre sont en si grande défaveur.

De tous les engrais artificiels, c'est le chaux caustique qui exerce l'action la plus favorable sur les propriétés mécaniques du sol. Quand on la mélange à la terre, il se forme des agrégats floconneux qui persistent souvent de longues années, et sont une cause de fertilité. Ainsi s'explique la propriété que possède le calcaire de donner de la légèreté aux sols argileux. Hilgard, en faisant passer pendant vingt-quatre heures du gaz carbonique dans le magma argileux, obtenu par la chaux vive, a trouvé que, après dessiccation de la masse, et mélangé de ses parties, toute plasticité disparaissait, et ne se montrait plus de nouveau.

*Zeitschrift des Vereins für die Rübenzuckerindustrie* (novembre 1882).

---

## REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

---

### Physiologie végétale.

*La distribution de l'énergie dans le spectre solaire et la chlorophylle*, par M. C. Timiriazeff[1]. — Dès 1877, à l'aide d'un appareil eudiométrique spécial qui permettait de faire l'analyse d'une très petite quantité de gaz, M. Timiriazeff, est parvenu, en opérant sur de minces et étroites feuilles de bambou, placées dans les différentes régions du spectre solaire, à montrer que les maximas du pouvoir décomposant des rayons lumineux coïncident avec les bandes d'absorption de la chlorophylle. Quelque naturelle que parût cette conclusion aux yeux des physiciens, elle n'a pas eu, surtout en Allemagne, le retentissement qu'elle méritait. Ainsi, M. Sachs, dans ses « Vorlesungen » (t. I, p. 368), s'en tient toujours à la courbe obtenue par Draper, courbe qui place le maximum d'action un peu à droite de la raie D, dans le jaune-vert, et qui ne s'écarte guère de celle de l'action lumineuse des différents rayons sur l'œil. Il est vrai que M. Sachs rejette bien loin l'idée d'une causalité quelconque entre l'effet lumineux et l'action décomposante; il dit au contraire que le dégagement de l'oxygène par les plantes vertes est une fonction de la longueur d'onde; « l'acide carbonique n'est décomposé que lorsque la plante est exposée à des rayons dont les longueurs d'onde sont comprises entre 69 et 40 cent millièmes de millimètres ». On le voit : nulle mention des recherches de M. Timiriazeff ni du pouvoir absorbant de la chlorophylle ni même en général de ce qui était à prévoir au point de vue physique.

Nous savons aujourd'hui par les recherches de M. Engelmann, que la courbe de Draper est à peu près exactement le contre-pied de la réalité, que les maxima de l'assimilation tombent sur les plus fortes bandes d'absorption de la enlorophylle.

1. *C. R. de l'Acad. des sc.*, 1883, t. XCVI, p. 375.

C'est évidemment à la suite des belles recherches du savant hollandais, que M. Timiriazeff croit devoir rappeller ses expériences antérieures; mais M. Timiriazeff va plus loin. Il avait déjà avancé l'opinion que la décomposition de l'acide carbonique pouvait être considérée comme dépendant de l'énergie du rayonnement, mesurée par son effet sur la thermopile. Le bolomètre de M. Langley[1] a permis de fixer définitivement la position du maximum d'énergie dans l'orangé, entre les lignes B et C, et précisément dans la partie du spectre qui correspond à la bande caractéristique de la chlorophylle. — Nous arrivons ainsi à ce curieux résultat que la chlorophylle peut être envisagée comme un absorbant spécialement adapté à l'absorption des rayons solaires possédant le maximum d'énergie, l'élaboration de cette curieuse substance par l'économie végétale devant être considérée comme un des exemples les plus frappants de l'adaptation des êtres organisés aux conditions du milieu ambiant.

Si on veut bien rapprocher cette idée de celles que M. Engelmann a exprimées relativement à la manière dont se comportent les autres matières colorantes des algues brunes, bleues et rouges, on arrive à ces conclusions dont l'importance n'échappera à personne :

1. L'action décomposante des différents rayons du spectre est sensiblement comparable à l'énergie du rayonnement mesurable par les appareils thermo-électriques, à la condition que ces rayons sont absorbés par la chromophylle sensibilisatrice, c'est-à-dire capable de rendre actifs des rayons qui ne le seraient pas naturellement.

2. La chromophylle, soit chlorophylle, soit phycoérythrine, soit phycocyanine, soit diatomine, etc., est chaque fois adaptée de telle façon à la lumière que la plante reçoit, qu'elle en absorbe les rayons les plus énergiques.

VESQUE.

*Le Bolomètre.* — Il est question dans la note précédente d'un appareil imaginé récemment, le *bolomètre;* comme il est encore peu connu, nous jugeons utile d'en donner une description rapide.

Ce bolomètre est une sorte de thermomètre électrique extrêmement sensible: il se compose d'un galvanomètre intercalé entre les branches d'un pont de Wheatstone, c'est-à-dire d'un courant bifurqué que l'on relie à une pile constante et d'énergie telle que le circuit ne s'échauffe pas sous son influence d'une quantité sensible. L'un des bras du pont, formé de lames minces et étroites d'acier, de palladium ou de platine, se replie sur lui-même un grand nombre de fois en présentant le plus grand développement possible sur une surface déterminée. L'appareil étant réglé de manière à ce que le galvanomètre reste au zéro lorsque les deux bras du pont sont à la même température, il suffit du plus léger échauffement des lames métalliques pour en modifier la résistance et par suite déterminer une déviation au galvanomètre.

D'après M. LANGLEY, la sensibilité de cet instrument est telle qu'elle peut accuser une différence de température de $\frac{1}{100.000}$ de degré centigrade entre les deux conducteurs : elle permet d'étudier la distribution de la chaleur

1. Voyez *C. R.*, 11 sept. 1882.

(M. Langley dit *énergie*) dans un spectre de réseau, infiniment plus pur, comme on le sait, mais moins intense, qu'un spectre de prisme.

Il est évident que la différence que l'on observe entre les résultats de M. Langley et ceux qu'on a obtenus autrefois avec la pile bismuth antimoine, tient uniquement à l'origine du spectre qu'il a étudié. D'après ces dernières recherches, le maximum calorifique du spectre solaire normal (ou le maximum d'énergie si le pouvoir absorbant des lames est indépendant de la longueur d'onde et si toute la force vive du rayon incident se traduit en chaleur) se trouve placé daus la partie lumineuse, entre A et D de Frauenhofer; il coïnciderait presque avec D lorsque le soleil est au zénith, il s'en éloigne et peut même rétrograder jusqu'à l'infra rouge à mesure que le soleil s'abaisse sur l'horizon (Voyez *Annales de phys. et de chimie*, t. XXIV, p. 275 et t. XXV, p. 241).

Si l'hypothèse de l'adaptation que propose M. Timiriazeff est exacte, on doit, d'après cela, pouvoir constater un déplacement vers le jaune de la bande d'absorption principale de la chlorophylle chez les plantes des régions tropicales comparées à celles de nos climats.

***Sur la respiration des plantes aquatiques ou des plantes aquatico-aériennes submergées***, par M. A. Barthélemy[1]. — A la suite de ses recherches bien connues sur la circulation des gaz dans les plantes aquatiques, l'auteur décrit quelques nouvelles expériences relatives au dégagement de l'oxygène au soleil. Nous lui demandons la permission de les exposer d'une manière différente de celle qu'il a adoptée.

1. Les surfaces des feuilles aériennes submergées ne dégagent de l'oxygène au soleil que lorsqu'elles retiennent une couche d'air qui empêche le contact de l'eau chargée d'acide carbonique.

2. Les feuilles aquatico-aériennes du *Nymphæa* plongées dans l'eau pure ou chargée d'acide carbonique et *mouillées* par ces liquides, ne tardent pas à souffrir et à s'injecter d'eau[2]; lorsque les feuilles tiennent à la plante, ou que la section du pétiole, parcouru par de nombreux canaux aérifères, est bouchée, aucun dégagement d'oxygène n'a lieu, d'où l'auteur conclut que la décomposition de l'acide carbonique s'arrête lorsque les gaz intérieurs ont atteint une tension déterminée; la section du pétiole restant ouverte, on peut obtenir, dans les cas favorables, un dégagement de 1 litre d'oxygène en 3 heures, mais ce travail cesse au bout de 2 ou 3 jours; il cesse également lorsqu'on pratique des déchirures sur la surface épidermique; la solution d'acide carbonique tuant le protoplasma vert. Il augmente avec la température jusqu'à un maximum qui ne dépasse pas 35°.

Les feuilles du *Nelumbium* ne sont pas mouillées par l'eau; elles dégagent de l'oxygène par leur surface, non par la section du pétiole; si l'on frotte la feuille avec une brosse douce, la couche d'air se dégage et l'on peut alors obtenir un dégagement d'oxygène par le pétiole.

1. *C. R. de l'Acad. des sc.*, 1883, t. XCVI, p. 388.

2. Fait connu de tous ceux qui se sont occupés de questions semblables et qui a fait l'objet de plusieurs communications de M. Mer.

Nous ne sommes plus d'accord avec l'auteur lorsqu'il dit qu'il lui est permis de conclure de ces recherches que les expériences que l'on donne aujourd'hui pour preuve et pour mesure de la fonction chlorophyllienne ne sont que des phénomènes exceptionnels, provoqués par le mode d'expérimentation et que dans les conditions normales, la respiration spéciale des organes verts ne peut avoir l'importance cosmique qu'on lui attribue.

Nous regrettons également que l'auteur conserve au terme « respiration » son ancienne acception, contrairement à l'usage généralement adopté aujourd'hui et imposé par l'état actuel de la physiologie générale.

Nous passons sous silence quelques essais sur la respiration « proprement dite » des plantes aquatiques submergées et sur la végétation et floraison des plantes bulbeuses sous l'eau; ce sont des faits de connaissance commune.

VESQUE.

*Sur la maladie des Safrans, connue sous le nom de Tacon, par* M. PRILLIEUX[1]. — On connaît depuis longtemps, sur les bulbes du safran, une maladie caractérisée par des taches noires qui s'étendent progressivement en surface et correspondent à des altérations plus ou moins profondes des tissus. L'auteur y a toujours découvert les filaments mycéliens d'un champignon qui paraît être la cause de la maladie. On y trouve en outre des corpuscules noirs de 1/10 de millimètre de diamètre, en moyenne, que Montagne, qui les a signalés le premier, considère comme un Pyrénomycète du genre *Perisporium* (*cocrophilum*). M. Prillieux a reconnu qu'ils n'ont pas la structure d'un périthèce, mais celle d'un *sclérote*, formé par des filaments pelotonnés, à coque noire et friable, remplie de filaments à parois gélifiées. Il ignore jusqu'à présent, si ces sclérotes peuvent servir à la reproduction du champignon et à la propagation de la maladie.

*Végétation du maïs.* — MM. FAUSTO SESTINI et ANGIOLO FUNARO ont donné une excellente démonstration de l'efficacité de la lumière diffuse sur le développement du maïs; la principale question que ces messieurs voulaient étudier, était l'influence de la température sur la maturation du maïs, et dans l'espoir d'y réussir, ils avaient disposé trois cultures parallèles, l'une soustraite à l'action directe des rayons solaires par une toile blanche disposée de telle sorte que les plantes ne fussent jamais éclairées directement, une seconde série de plantes était couverte d'une toile noire, une dernière était exposée à l'air libre, les différences de température constatées au thermomètre, faute d'actinomètre n'ont pas été assez sensibles pour conduire à des résultats bien précis, mais ainsi qu'il a été dit, l'expérience est surtout intéressante par la démonstration qu'elle fournit de l'efficacité de la lumière diffuse.

L'aspect des plantes fut noté à diverses époques; le 19 juin sous la toile blanche, les maïs atteignaient $0^m,12$ à $0^m,19$, la tige était un peu frêle; sous la tente noire, les tiges très grêles présentaient une hauteur de $0^m,15$ à $0^m,22$; à l'air libre les jeunes tiges étaient robustes mais courtes, elles n'avaient que de $0^m,10$ à $0^m,15$.

1. *C. r. des séances de l'Ac. des sc.*, XCVI, 1883, p. 596.

Le 1[er] juillet on mesura les dimensions des feuilles et on trouva :

| | Longueur moyenne. | Largeur moyenne. |
|---|---|---|
| A. Sous la tente blanche........... | 30 à 50 millimètres. | 32 millimètres. |
| B. — noire............ | 15 à 38 — | 9 |
| C. à l'air libre............ | 18 à 36 — | 45. |

Bientôt les plantes placées sous la toile noire commencèrent à souffrir et elles périrent quelques temps après.

On fit la récolte le 15 septembre, on obtint 26 kil. de graines des plantes à l'air libre, et 30 kil. des maïs placés sous la toile blanche.

A l'analyse on trouva les chiffres suivants :

| | Plantes découvertes. | Plantes couvertes de la toile blanche. |
|---|---|---|
| Eau.............................. | 11.700 | 12.800 |
| Matières grasses.................. | 4.700 | 3.300 |
| Cellulose......................... | 2.950 | 2.950 |
| Matières protéiques............... | 8.310 | 5.340 |
| Hydrates de carbone.............. | 70.740 | 73.810 |
| Cendres.......................... | 1.600 | 1.800 |
| | 100.000 | 100.000 |
| Azote des matières protéiques...... | 1.331 | 0.855 |
| Des matières non protéiques....... | 0.071 | 0.108 |
| Total.................. | 1.402 | 0.963 |

La somme des températures observées sous la toile blanche et à l'air libre fut de 2336 et 2462°. Les différences sont donc peu sensibles mais il est intéressant de voir que les maïs ont pu se développer sans recevoir directement les radiations solaires.

## Agriculture.

*Développement du blé.* — M. Duchaussoy adresse à l'Académie une note relative au développement du blé qui confirme absolument les résultats annoncés récemment par M. Risler.

Pendant les dix années d'observations faites par l'auteur dans le département du Cher, les meilleures récoltes ont toujours coïncidé avec la plus haute température æstivale. Les années 1873 et 1876 font exception, mais on se rappelle que la sécheresse a été excessive pendant ces deux saisons : les récoltes ont été mauvaises partout malgré l'élévation de la température. (Comptes rendus, 5 février.)

*Composition du blé germé.* — M. Balland a comparé la composition des blés germés à celle du blé normal de même provenance. Il résulte de ses recherches que le blé germé est plus riche en sucre et plus pauvre en matières grasses que le blé non altéré. L'humidité ne varie pas, mais le gluten se modifie profondément, il noircit, se transforme partiellement en albumine soluble, et ne se prête plus au travail de la panification. Ces observations sont importantes au point de vue de la conservation des grains. (Comptes rendus, 12 février.)

*Soufrage des vignes.* — M. Gennadius, par l'intermédiaire de M. Boussingault, communique à l'Académie ses observations sur le soufrage de la vigne en Grèce. D'après lui, ce n'est pas le soufre lui-même qui détruit l'oïdium, mais bien les vapeurs qui s'en dégagent et remplissent l'atmosphère du vignoble lorsque le temps est propice. Le soufrage n'est réussi que lorsqu'il a été fait pendant une journée sans vent, sans pluie, sans nuages, et par un soleil ardent. Après le soufrage, tout le vignoble exhale une forte odeur sulfureuse, qui dure presque jusqu'au coucher du soleil.

*Culture de la vigne dans les sables d'Aigues-Mortes.* — M. Barral (*Comptes rendus*, 12 février) a étudié avec soin le sol des vignobles d'Aigues-Mortes. Dans toute la région qui s'étend de Sainte-Marie jusqu'à Palavas, sur une étendue de 6000 hectares environ, les vignes, indemnes jusqu'ici de toute invasion phylloxérique, donnent jusqu'à 200 et même 300 hectolitres de vin par hectare avec le cépage aramon. La nature du sol ne permet pas d'expliquer immédiatement cette fécondité remarquable; c'est un sable calcaire qui renferme 75 p. 100 de silice, moins de 1 p. 100 d'argile, 0,25 d'oxyde de fer, 0,03 d'acide phosphorique et 0,13 d'azote dans les parties les plus fertiles; on emploie, d'ailleurs, comme engrais, du fumier de ferme à haute dose qu'on va chercher à Cette par bateau.

D'après les observations personnelles de M. Barral, la fertilité de ces terres est due à la présence, dans le sous-sol, d'une nappe d'eau douce qui y maintient une humidité constante, même dans les saisons les plus sèches. Au mois de juin, après trois mois de sécheresse, on a trouvé 20 p. 100 d'eau dans la terre prise à deux mètres de profondeur. Ces sables possèdent des propriétés capillaires extrêmement énergiques : l'eau s'y élève dix à quinze fois plus vite que dans le sable des Landes qui présente à peu près, cependant, le même degré de finesse.

*Etude sur la culture du blé.* — M. Joulie a publié l'an dernier dans la *Revue des industries chimiques et agricoles* un intéressant travail sur la culture du blé. L'auteur voulant déterminer quels sont les éléments que le blé doit rencontrer dans le sol où il se développe, a d'abord procédé à l'analyse de huit échantillons appartenant à diverses variétés et provenant de cultures établies dans le département de Seine-et-Marne, le rendement moyen a été de 48$^{hect.}$,78, l'hectolitre étant compté à 80 kilogrammes. Le plus fort est dû à un blé Chiddham, il s'est élevé à 60$^{hect.}$, 75, le plus faible est un blé Victoria qui a donné 40 hectolitres : ces chiffres sont tout à fait exceptionnels et tiennent surtout au mode particulier de prise d'échantillons. Au milieu de grandes pièces et sur les points qui ont paru les meilleurs on a récolté la totalité des chaumes qui couvraient un mètre carré de terre. Cette opération a été faite deux fois pour chaque pièce :

1° Au moment de la floraison du blé

2° Lorsqu'il a été bon à récolter.

Si exceptionnels que soient les chiffres précédents, ils sont intéressants cependant puisqu'ils indiquent la possibilité d'obtenir des rendements considérables et tout à fait rémunérateurs.

En comparant le poids de la plante sèche au moment de la maturité à celui qu'elle présentait sèche également à l'époque de la floraison, l'auteur reconnaît que la plante continue à augmenter son poids après la floraison, mais qu'en général l'augmentation qu'elle acquiert est assez faible et ne dépasse pas le tiers du poids à la maturité, il a même rencontré deux exemples d'une diminution sensible; on se rappelle que nous sommes arrivés à des résultats semblables pour la culture de l'avoine à Grignon et aussi pour celle du blé en 1881 [1]; les chiffres publiés par M. Marié Davy en 1874 (d'où il résulte que la maturation est accompagnée d'une perte de matière sèche), sont donc dus aux conditions particulières de la saison dans laquelle il a opéré [2].

M. Joulie a procédé à l'analyse de la récolte sèche obtenue au moment de la floraison et au moment de la récolte; il a trouvé dans 100 parties pour l'azote et l'acide phosphorique des chiffres qui sont absolument d'accord avec ceux que nous avons constatés à Grignon.

*Récolte du blé mûr en* 1881.

| Pour 100 de matière sèche. | Moyenne des analyses de M. Joulie. | Analyse de Grignon. |
|---|---|---|
| Azote | 1.17 | 1.07 |
| Acide phosphorique | 0.44 | 0.47 |

L'accord est comme on le voit tout à fait complet.

La moyenne de M. Joulie est cependant formée par des chiffres présentant des écarts assez grands pouvant s'élever à 0,35 pour l'azote et 0,37 pour l'acide phosphorique.

Ces premières déterminations permettent à M. Joulie de rechercher les exigences de la production du blé, c'est-à-dire les quantités des différents principes qui seront enlevés au sol par la récolte du blé. Il les fixe aux chiffres suivants, pour une production de 40 hectolitres :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Azote de | 85 à 109 kil. | Moyenne | 92.6 |
| Acide phosphorique | 28 à 44 kil. | — | 37.0 |
| Chaux | 19 à 39 kil. | — | 25.2 |
| Magnésie | 8 à 16 kil. | — | 12.2 |
| Potasse | 80 à 162 kil. | — | 116.2 |

Ces quantités ne sont pas considérables, et si on les compare aux éléments que renferme la terre d'un hectare on serait conduit, en généralisant, ce qu'avait fait autrefois Liebig, à déclarer qu'il est inutile d'ajouter aucun engrais. L'expérience démontre cependant que cette addition est utile, et en effet M. Boussingault nous a enseigné qu'une fraction importante de l'azote et de l'acide phosphorique, contenue dans le sol d'un hectare ne s'y trouve pas à l'état soluble.

Quelle est la fraction de ces différents principes qui se trouvent à l'état assimilable, nous l'ignorons, et l'expérience directe seule peut nous enseigner ce qu'il faut qu'une terre renferme pour subvenir largement aux besoins des récoltes.

1. *Ann. agr.*, tome VIII, p. 34.
2. *Ann. agr.*, tome V, p. 271.

Or, des nombreuses analyses de terre auxquelles il s'est livré, M. Joulie conclut que dans le nord de la France et sous le climat de Paris, une terre pour convenir parfaitement à la culture des céréales doit renfermer :

| | Par kilogramme. |
|---|---|
| | gr. |
| Azote | 1.00 |
| Acide phosphorique | 1.00 |
| Chaux | 50.00 |
| Magnésie | 3.00 |
| Potasse | 2.50 |

En comparant la composition des sols qui ont fourni les rendements élevés que nous avons rapportés plus haut à celle de la terre qu'il prend pour type, M. Joulie constate qu'en général ils renferment un excès d'azote, mais qu'au contraire les matières minérales y font défaut, ou au moins ne s'y trouvent pas en quantité suffisante; l'expérience a démontré, en effet, « que si on néglige de donner à ces sols environ 40 kilogrammes à l'hectare d'acide phosphorique sous forme de superphospate à l'automne avant de semer le blé, la récolte est mauvaise. »

Le fait constaté par M. Joulie est d'un grand intérêt, et il est tout à fait désirable que des études analogues se généralisent et je voudrais insister pour démontrer l'importance que présente l'analyse du sol comparée aux rendements culturaux qu'il fournit.

Le sol du champ d'expériences de Grignon renferme environ 1gr,5 d'acide phosphorique par kilogramme, les phosphates ne produisent aucun effet utile, et par suite nos analyses et nos cultures semblent contrôler la règle posée par M. Joulie à savoir que lorsqu'une terre contient plus de 1 gramme d'acide phosphorique par kilogramme, l'addition des engrais phosphatés est inutile, mais dans ces sortes de matières, il ne faut pas se hâter de conclure ; en effet, il y a quelques années MM. Corenwinder et Contamine ont donné dans ce recueil même des analyses du sol de Houdain (Pas-de-Calais)[1] ils ont trouvé 1gr,01, 1gr,10, 1gr,39, 1gr,52 d'acide phosphorique par kilogramme; c'est-à-dire plus que ne l'indique M. Joulie comme constituant la teneur moyenne d'une bonne terre et cependant sur ces terres de Houdain, en cultivant la betterave avec du nitrate de soude seul on a obtenu 33 700 kilogrammes de betteraves à l'hectare, tandis que lorsqu'on a ajouté des superphosphates la récolte est montée à 42 000 kilogrammes.

Le chiffre donnant l'acide phosphorique total ne me paraît donc pas une indication suffisante pour décider s'il convient on non d'ajouter des superphosphates, aussi ai-je préconisé depuis plusieurs années la recherche de l'acide phosphorique, non plus seulement à l'aide des acides minéraux, mais de plus par l'acide acétique, de façon a reconnaître la nature de la base à laquelle l'acide phosphorique est unie. S'il est combiné à des sesquioxydes il est insoluble dans l'acide acétique et *à fortiori*, dans l'acide carbonique, si au contraire il est soluble dans l'acide acétique, il est uni à des protoxydes : chaux, magnésie ou potasse et est, par suite, assimilable. M. Joulie n'a pas entrepris

1. *Ann. agron.*, tome III, p. 444.

cette recherche et pour expliquer comment une faible addition de superphosphates peut être avantageuse dans des sols renfermant moins de 4000 kilogrammes d'acide phosphorique à l'hectare, il écrit :

« L'addition est avantageuse, parce que l'acide phosphorique se trouve entièrement ou presque entièrement combiné au fer, qui doit forcément s'en séparer pour le céder aux plantes, puisqu'elles n'en prennent que des quantités très faibles et qui sont loin de correspondre aux quantités d'acide phosphorique que les récoltes doivent contenir. Cette séparation peut bien s'effectuer sous des influences diverses, mais il faut, pour cela, des conditions qui ne se trouvent pas toujours réalisées. »

M. Joulie me permettra de lui dire que l'acide phosphorique ne se trouve pas entièrement ou presque entièrement combiné au fer ; en effet, frappé du peu d'action des superphosphates sur le sol du champ d'expériences, j'ai d'abord recherché si tout l'acide phosphorique s'y trouvait uni à des sesquioxydes, ce qui lui enlèverait toute solubilité dans l'acide acétique et justifierait l'opinion de M. Joulie. Or j'ai trouvé qu'un tiers environ de l'acide phosphorique était soluble dans l'acide acétique[1] ; j'ai voulu en outre savoir si à Grignon j'étais tombé sur un cas particulier ou si au contraire le fait observé dans mon champ d'expériences présentait quelque généralité et j'ai demandé à quelques-uns de nos élèves de l'école de Grignon de vouloir bien m'envoyer des échantillons des terres qu'ils étaient appelés à cultiver avec les indications qu'ils pourraient recueillir sur l'emploi des engrais phosphatés. Les envois furent au nombre de huit, dans tous on trouva une fraction importante de l'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique, par conséquent il n'est pas exact que l'acide phosphorique soit habituellement combiné aux oxydes de fer[2].

Il est vraisemblable toutefois qu'il en est ainsi dans les terres de Houdain, étudiées par MM. Corenwinder et Contamine puisque, bien qu'elles renferment plus d'acide phosphorique que les terres de Grignon, les superphosphates y produisent un effet sensible, il est possible également que les terres de Seine-et-Marne si bien étudiées par M. Joulie ne renferment que de l'acide phosphorique non assimilable, et il serait important de le savoir : si l'habile agronome dont nous analysons le travail avait assez de loisir pour rechercher la forme sous laquelle se rencontre l'acide phosphorique dans les terres sur lesquelles il a expérimenté, il donnerait une indication précieuse, puisqu'elle permettrait de préciser davantage les règles à suivre pour l'emploi des superphosphates.

M. Joulie est déjà au reste engagé dans cette voie, puisqu'il écrit : « Les indications de l'analyse relatives à la fertilité des terres sont très probables et non certaines, parce que toutes les terres ne contiennent pas leurs éléments utiles sous les mêmes formes. Il arrive, par suite, que l'une les retient beaucoup plus que l'autre.

« C'est ainsi, par exemple, que les terres calcaires cèdent bien plus facilement

1. *Ann. agron.*, tome V, p. 161. — Études sur le sol du champ d'expériences de Grignon. Recherches sur les causes auxquelles il convient d'attribuer le peu d'influence des engrais phosphatés, par MM. *Dehérain et Meyer*.

2. *Ann. agron.*, tome VI, p. 509. — De l'état de l'acide phosphorique dans la terre arable et de l'emploi agricole des superphosphates, par MM. *Dehérain* et *Kayser*.

leur acide phosphorique à la végétation que les terres argileuses. Il en résulte qu'une terre calcaire contenant par exemple 0 gr. 5 par kilogramme d'acide phosphorique peut être aussi fertile à cet égard qu'une terre argileuse dont la richesse est double. »

Peut-être ferait-on cesser partiellement l'état d'incertitude dans lequel on se trouve, si on pratiquait plus habituellement le mode d'essai que j'ai indiqué et réussirait-on à fixer la quantité d'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique suffisante pour que l'emploi des superphosphates devienne inutile.

Le perfectionnement des méthodes analytiques appliquées à l'étude des terres arables n'est pas au reste la seule méthode à employer pour déterminer la nature des engrais qu'il convient de leur fournir. M. Joulie utilise encore une méthode fort ingénieuse, il analyse les plantes mal venues, qui annoncent par leur végétation chétive qu'elles n'ont pas trouvé dans le sol tous les éléments nécessaires à leur développement, et il compare cette analyse à celle des plantes de même espèce développées normalement, et en tire de précieuses indications.

Il donne dans son mémoire quelques exemples intéressants.

Tandis qu'au moment de la floraison un blé bien venant renferme pour 100 parties de matière sèche,

| | |
|---|---|
| Azote | 1.28 |
| Acide phosphorique | 0.45 |
| Potasse | 1.73 |

Il trouve pour les quatre échantillons analysés :

| | Blé de Parpacé. | Blé de la Chapelle. | Blé de Courceau. | Blé de Courceau. |
|---|---|---|---|---|
| Acide phosphorique. | 0.37 | 0.64 | 0.68 | 0.86 |
| Azote | 0.37 | 0.78 | 2.24 | 2.86 |
| Potasse | 1.44 | 0.67 | 0.07 | 0.99 |

Et il en conclut que les deux premiers sols manquent d'azote, que le premier manque en outre d'acide phosphorique, tandis que dans les trois derniers c'est surtout la potasse qui fait défaut.

M. Joulie a encore discuté dans son mémoire les causes probables de la verse et de l'échaudage et les méthodes qui lui paraissent de nature à les éviter; le travail se termine par des conseils sur l'amélioration des terres stériles ou peu fertiles. Non moins que le travail *Sur les Prairies*, publié en 1881, l'*Étude sur la culture du blé* ne passera inaperçue; les relations nombreuses que l'auteur a su se créer parmi les agriculteurs lui fournissent de nombreux matériaux de travail dont, très habilement, il sait faire profiter la science.

P. P. D.

*L'agriculture en Amérique.* — Le Dr Gilbert, au retour d'un voyage à travers les États-Unis, communique ses impressions en ces termes au *Gardeners' chronicle* :

L'objet de mon voyage était d'établir, par l'examen du sol lui-même, les traits caractéristiques qui distinguent l'agriculture américaine de la nôtre, et en même temps de connaître l'opinion des cultivateurs et des professeurs les

plus distingués de l'Amérique sur les principales questions de l'agriculture scientifique. L'impression qu'on éprouve en parcourant les États-Unis et le Canada sur un espace de plus d'un millier de milles est impossible à rendre : on traverse consécutivement, sur une étendue immense, des plaines unies absolument incultes : le sol est d'une richesse incomparable, et il semble que, dans ces contrées, la production, au point de vue alimentaire, puisse être sans limites. Soumettre ces terres immenses à une culture régulière, est évidemment le but qu'il faut se proposer d'abord, mais actuellement on ne peut l'atteindre qu'en sacrifiant une grande partie de la fertilité naturelle du sol.

Il était indispensable, en traversant le continent, de visiter à la fois les terres encore incultes, et celles qui ont été récemment soumises au régime de la ferme : parmi celles-ci la plus caractéristique que j'aie pu voir à la fin de mon voyage est la ferme de M. Dalrymple, dans le Dacota. M. Dalrymple est intéressé pour deux tiers dans la culture de 70 000 acres (28 000 hectares environ) et dans cette saison il a moissonné 30 000 acres de blé (12 000 hectares). Depuis sept ans qu'il dirige cette entreprise, il ajoute annuellement aux anciennes cultures environ 5 000 acres (2000 hectares) de terres neuves : ce sont des terres de prairies, profondes et extrêmement riches par rapport aux sols arables qui sont depuis longtemps cultivés. Cependant la récolte annuelle ne dépasse pas 20 boisseaux à l'acre (18 hectolitres à l'hectare), tandis que, dans nos expériences de Rothamsted, dont le sol est en culture depuis des siècles, la récolte moyenne calculée sur trente ans, a été environ les deux tiers de la précédente sans aucun engrais; dans les premières années d'expériences le rendement était beaucoup supérieur à ce chiffre, et cependant la terre était à cette époque dans des conditions bien inférieures à celles où sont actuellement les sols neufs de Castletown. Le mode de culture consiste à remettre constamment du blé sur du blé; le grain seul est vendu, on brûle la paille sur place; M. Dalrymple assure qu'il n'a encore observé, dans les récoltes, aucun décroissement attribuable à l'épuisement du sol soumis à ce régime.

En parcourant ensuite le district de Manitoba, aux environs de Winipeg, on voit que ce système a été adopté, ou du moins projeté sur une vaste échelle : sur ce territoire les terres sont tellement riches que dans les bonnes saisons on récolte 40 à 50 boisseaux de blé à l'acre (36 à 45 hectolitres par hectare); en moyenne, cependant, on n'obtient guère plus de 18 hectolitres, cela tient surtout à ce que la culture est mal conduite. La terre ayant pour ainsi dire moins de valeur que la main d'œuvre est un peu abandonnée à elle-même, et les mauvaises herbes envahissent souvent les cultures; en même temps la pratique qui consiste à récolter toujours du blé sans autre engrais que les cendres de sa paille doit fatalement conduire à un décroissement de la fertilité naturelle du sol.

Cependant il est impossible d'admettre que d'aussi grandes étendues de terres vierges encore, puissent être mises en culture autrement que par cette méthode. Le colon ne dispose pas d'une main d'œuvre suffisante pour débarrasser son sol de toutes les mauvaises herbes qui l'encombrent; enfin, à cause des circonstances purement locales, par suite surtout de l'éloignement des marchés, il ne lui est guère possible de cultiver autre chose que du blé destiné à l'exportation. Ces conditions défavorables justifient donc le système au point

de vue économique, mais, au point de vue agricole, on ne peut s'empêcher de regretter ce sacrifice énorme de fertilité qu'on fait ainsi sans beaucoup de bénéfices. Il est certain que tôt ou tard il faudra changer de mode de culture; mais le sens de ces modifications devra toujours être subordonné à des considérations locales de climat et à l'importance de l'offre et de la demande.

Dans plusieurs districts, où l'on cultive ainsi indéfiniment du blé on pourrait faire entrer en rotation quelques autres cultures susceptibles de trouver place au marché. Or, la condition essentielle qui préside au maintien de la fertilité d'un sol est la culture de racines ou de fourrages destinés à l'alimentation des animaux. Par conséquent, dans toutes les localités où le climat est favorable, où les récoltes, en même temps que les animaux, peuvent être suffisamment protégés contre les rigueurs de l'hiver, il sera possible de conserver au sol sa fertilité première en adjoignant une culture de fourrages au blé d'exportation. Dans les autres endroits, où la viande ne trouve pas de débouchés suffisants et où les hivers sont par trop rigoureux, il faut s'en tenir, malgré tous les inconvénients qu'elle présente, à la méthode employée.

*Culture des pommes de terre.* — M. Pilorgé a étudié pendant trois années 1880-81 et 82 la culture des pommes de terre.

Il a d'abord cherché quel était le poids de tubercules qu'il était le plus avantageux de planter, et il a reconnu qu'à un poids de semence plus élevé correspond une récolte plus abondante, mais que cependant il n'était pas avantageux au point de vue du bénéfice, de prodiguer la semence, car la valeur de 8750 kilogrammes de tubercules à l'époque de la plantation, excès employé dans le cas où la semence a été de 10 000 kilogrammes, est équivalent à 17 075 kilogrammes, supplément de récolte obtenu, au moment de l'arrachage; il lui paraît que la dose la plus convenable est de 2500 kilogrammes de tubercules par hectare.

Il a essayé quarante-trois variétés différentes, le Champion d'Ecoche a fourni 41 650 kilogrammes de tubercules et s'est placé au premier rang, la Van der Veer, est la seconde avec 38 050 kilogrammes, le Sigoin la troisième avec 33 871 kilogrammes, la Boule de Pin la quatrième avec 33 180 kilogrammes; toutefois la Magnum bonum qui n'est que la cinquième avec 32 200 kilogrammes, paraît devoir être préférée à la Van der Veer qui se conserve mal, et à la Boule de Pin qui pourrit facilement.

M. Pilorgé a semé en 1881 des graines de toutes les variétés qui avaient porté des baies l'année précédente. Les plantes provenant de semis ont donné des tubercules dont le poids atteignait souvent de 50 à 60 grammes, le plus gros pesait 102 grammes, les tubercules semés en 1882 ont engendré des pommes de terre dont un certain nombre arrivaient au poids de 260 à 350 grammes (*Journal d'agriculture pratique*, 1883, p. 272).

## Chimie agricole.

### *Recherches sur les propriétés physiques des sols tassé et meuble,*

par M. E. WOLLNY[1].

#### A. Capacité du sol pour l'eau.

*Conclusions.* 1. Le sol tassé perd plus d'eau par évaporation que le sol meuble, parce que les espaces capillaires étant plus fins, amènent plus facilement à la surface l'eau contenue dans les couches profondes. C'est pour la même raison que la surface d'un sol tassé reste plus longtemps humide que celle d'un sol meuble.

2. Le sol tassé a une plus grande capacité pour l'eau que le sol meuble; il est en même temps moins perméable à l'eau. Les espaces non capillaires étant supprimés ou respectivement transformés en espaces capillaires, le nombre des pores aquifères est augmenté et la pénétration de l'eau atmosphérique dans le sous-sol est ralentie.

3. L'action de l'évaporation telle quelle est décrite sous le § 1, ne se produit que dans le cas d'une sécheresse persistante. Lorsqu'il y a des pluies, les phénomènes décrits au § 2, déterminent la richesse en eau du sol. Dans la plupart des cas, un *sol tassé met plus d'eau à la disposition des plantes qu'un sol meuble.*

4. Dans la pratique, la façon qu'on donnera au sol devra dépendre de la quantité d'eau dont on dispose du climat et du temps habituel. Lorsqu'il s'agit d'augmenter la capacité du sol pour l'eau, il faudra le tasser, s'agit-il au contraire d'en augmenter la perméabilité, il faudra l'ameublir.

#### B. Température du sol tassé ou meuble.

*Conclusions.* 1. La conductibilité thermique du sol dépend de sa structure plus ou moins serrée. Il conduit d'autant mieux à la chaleur qu'il est plus tassé, parce qu'alors les particules solides sont plus rapprochées, qu'il renferme moins d'air et plus d'eau; que par la suite, le mauvais conducteur, l'air, est remplacé par un meilleur, l'eau.

2. La forte ou la faible évaporation superficielle, par suite de l'état tassé ou meuble du sol, n'agit que faiblement et d'une manière passagère sur la température des couches profondes, parce que la conductibilité étant également différente dans ces deux cas, agit en sens inverse et d'une manière bien plus énergique.

3. Pendant la saison chaude, lorsque la température augmente et au moment du maximum diurne de la température du sol, celui-ci est d'autant plus chaud qu'il est plus serré. Pendant la saison froide, lorsque la température baisse et au moment du minimum diurne, les sols meuble et tassé ont la même température, ou le meuble est plus chaud que le tassé.

4. Plus le sol est tassé et plus les oscillations de sa température sont grandes.

1. Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaftan des Badlens im dichten und im lockeren Zustande. Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik, t. V, p. 1.

C. Formation des fissures et des crevasses du sol différemment tassé.

*Conclusions*. 1. Les fissures qui se forment à la suite de la dessiccation du sol, sont d'autant plus nombreuses, plus irrégulières, plus larges et d'autant moins profondes que le sol est plus meuble.

2. Les causes de ce phénomène résident dans la distribution plus ou moins régulière de l'eau et la plus ou moins grande cohérence du sol différemment tassé.

*De l'influence des engrais organiques sur la température du sol*. — Par le Dr Fried. Wagner (Forsch. auf dem Geb. der Agriculturphysik, Bd V, Heft 5). — L'auteur est arrivé aux conclusions suivantes :

1. L'incorporation d'engrais organiques au sol, élève la température. Toutes conditions égales d'ailleurs, cette température croît :

Avec la quantité de l'engrais.

Avec la température du sol, du moins entre certaines limites;

Avec l'humidité. Toutefois, cette dernière cause agit aussi en sens inverse, par l'évaporation ; en outre, l'eau chasse l'air des cavités interstitielles; elle peut donc, de cette façon encore, combattre l'effet calorifique de la fumure, en empêchant la décomposition de la matière organique ;

2. Quand la température du sol descend au dessous de +10°, la production de chaleur se trouve enrayée. Une très forte fumure produit le même effet : 1200 quintaux de fumier de cheval, par hectare, l'arrêtent presque complètement ;

3. L'élévation de température due aux engrais organiques, dans les circonstances définies plus haut (1 et 2), dépend de la facilité plus ou moins grande de ces engrais à se décomposer;

4. Tous les agents dont l'action tend à décomposer promptement la substance organique, favorisent la production de chaleur; tandis que la chaux caustique est incomparablement moins énergique ;

5. Pour la répartition de la chaleur dans le sol, il est indifférent en général que l'épandage du fumier se fasse en une ou en plusieurs couches;

6. Le plus grand dégagement de chaleur se produit, d'ordinaire, aussitôt après l'enterrement du fumier. Il dure un peu plus ou un peu moins de temps, suivant que les conditions extérieures sont plus ou moins favorables; puis, il va en diminuant peu à peu ;

7. L'effet calorifique des fumures se fait sentir pendant 4 à 12 semaines (quelquefois plus), pour les fortes doses (900 à 1000 quintaux par hectare). L'élévation de la température varie entre 0° et 0°,58; la moyenne des observations a donné 0°,10 à 0°,40.

Le maximum eut lieu, dans les expériences du Dr Wagner, pour les fumiers les plus facilement décomposables (tiges de fèves et fumier de cheval, frais) ; ce maximum monta à 2°,8. La moyenne, dans la première quinzaine, se tint au-dessus de 0°58, dans les conditions les plus favorables (avec 900 à 1000 quintaux de fumier de cheval).

---

**NOTA.** — **Prière aux physiologistes et agronomes français et étrangers, d'adresser au laboratoire de Physiologie du Muséum, 69, rue de Buffon, à Paris, un exemplaire des tirages à part de leurs mémoires, pour qu'ils puissent être analysés dans cette Revue, que la rédaction désire rendre aussi complète qu'il lui sera possible.**

*Le Gérant:* G. Masson.

Motteroz, Adm.-Direct. des Imprimeries réunies, B, Puteaux

# LES PLANTES TEXTILES EXOTIQUES

PAR

M. ALFRED RENOUARD fils.

En France, nous ne cultivons et n'utilisons guère comme plantes textiles que le lin, le chanvre et un peu de ramie, mais nous importons un très grand nombre de produits fibreux extraits de plantes cultivées avec succès à l'étranger. Bon nombre de ces dernières sont propres aux pays chauds et exigent, pour croître, des climats privilégiés, mais il en est d'autres qui viennent sans effort sous des latitudes tempérées et dont on a maintes fois tenté l'acclimatation dans nos contrées. Il n'est pas inutile, croyons-nous, de rappeler ces essais et il nous paraît digne d'intérêt de passer en revue la majeure partie des plantes textiles exotiques, susceptibles d'attirer l'attention sous ce rapport.

Nous adopterons pour cette étude la classification suivante :

1° Fibres corticales de plantes dycotylédones;

2° Faisceaux vasculaires de plantes monocotylédones;

3° Libers et écorces proprement dits;

4° Duvets végétaux.

## I. — FIBRES CORTICALES DE PLANTES DYCOTYLÉDONES

### Le Jute.

On désigne sous le nom de *Jute*, *Chanvre de Calcutta*, *Chanvre de Bengale*, *Paat indien*, la fibre provenant du liber de certaines variétés de *Corchorus* appartenant à la famille des Tiliacées annuelles. Les espèces d'où l'on extrait surtout le jute sont le *Corchorus capsularis* (L.) et le *C. olithorius* (L.)

Depuis les temps les plus reculés, le jute est, avec le coton, la fibre textile la plus usitée de l'Inde, où elle joue le même rôle que le lin et le chanvre en Europe. Aujourd'hui encore, quoiqu'on ait découvert et acclimaté dans ce pays un nombre considérable d'autres plantes fibreuses, ainsi que nous le verrons dans le courant de cette étude, c'est encore celle-là qui reste la plus cultivée et exploitée.

Les autres variétés de *Corchorus* qui croissent dans l'Inde, telles

que les *C. fucus*, *C. fascicularis*, *C. trilocularis* et *C. decemangulatus*, ne sont pas utilisées à titres de plantes textiles : les indigènes en recueillent les jeunes pousses et les feuilles, et s'en nourrissent comme d'un comestible estimé, sous le nom de *nalita*. Les espèces qui fournissent le jute croissent encore en Chine où on les utilise sous le nom de *Si-mâ*, dans les îles de la Sonde, où elles sont connues sous le nom de *Rami-tsjina*, en Syrie, en Égypte, etc., mais la production courante de la fibre semble presque exclusivement limitée au Bengale, qui est le fournisseur presque exclusif de tout le jute consommé dans les autres parties de l'Inde, en Amérique et en Europe.

*Culture du jute.* — Le jute est cultivé aux Indes absolument comme le lin et le chanvre dans le Nord de la France, c'est-à-dire par de petits fermiers indiens, dits *ryots*, qui se bornent à en semer de faibles quantités, facilement exploitables par eux seuls. Dans ces derniers temps cependant, il s'est formé de puissantes sociétés pour la culture du jute en grand.

On sème ordinairement au commencement de la saison des pluies, en mars ou en avril. Les semailles se font à la volée, quelquefois au bord des fleuves à inondations périodiques, mais le plus souvent sur des terrains assez élevés où la submersion ne peut avoir lieu, à la façon du riz de montagne. Le seul soin à donner à la plante est de l'éclaircir lorsqu'elle est trop abondante, pour en faciliter la croissance.

Le jute s'élève de terre sous forme de tiges grêles et droites, pourvues de feuilles et un peu ramifiées au sommet. Au mois d'août, la hauteur de ces tiges est d'environ 3 m. 1/2 sur une épaisseur de 2 centimètres vers le bas. C'est à ce moment qu'on commence la récolte.

Les cultivateurs indiens distinguent cependant, pour l'époque de cette récolte, entre le jute qui doit servir à leur propre consommation et celui qui est destiné à l'exportation. Ils coupent le premier avant ou pendant la floraison, le rendement est alors plus faible, mais les fibres sont plus fines et flexibles; ils coupent au contraire le second après complète maturité, le rendement est plus important, mais les fibres sont plus grossières. Ceci s'explique parfaitement au point de vue scientifique. Chez beaucoup de ces fibres de liber se produit, en effet, à une certaine époque de la croissance, ce qu'on appelle « la lignification », laquelle commence très tôt

pour le jute et est la plus prononcée pendant la floraison. Les cellules élastiques, à parois minces, qui constituent les éléments des fibres de jute, se transforment en cylindres épais, très peu flexibles et le liber perd d'autant plus en qualité qu'il gagne davantage en quantité. Les indigènes, qui connaissent fort bien cette circonstance, coupent donc les plantes destinées à leur propre usage dès avant la floraison, de manière que les fibres qu'ils en retirent peuvent leur servir à fabriquer les étoffes les plus fines, tandis qu'en laissant mûrir et se lignifier les tiges qu'ils envoient sur les marchés européens, ils nous forcent à n'utiliser le jute que pour la confection de produits grossiers, tels que les sacs et autres analogues.

*Récolte. Rouissage.* — Pour récolter le jute, on coupe les plantes près des racines, et, après avoir débarrassé les tiges de leurs feuilles et des capsules à fruits, on les lie en bottes lâches de 50 à 100 qu'on laisse reposer sur le champ. Le jute est ensuite roui à l'eau de la même manière que le lin et le chanvre en France.

Les paquets sont placés dans un récipient convenable au nombre de dix ou quinze à la fois, et maintenus constamment à l'humidité au moyen d'épaisses couches de gazon dont on les recouvre à la surface. Chaque jour, le cultivateur va visiter son jute, et c'est en grattant avec l'ongle l'enveloppe extérieure de l'arbuste qu'il s'assure des progrès de la décomposition : il est admis qu'on peut retirer les tiges lorsque le filament se détache de l'écorce sans le moindre effort.

De même que pour le lin, la durée du rouissage dépend aussi de la température, mais la moyenne est ordinairement de huit à dix jours. Chez quelques cultivateurs, ce temps est parfois plus long lorsque le jute est destiné à l'exportation : on veut arriver alors à une séparation complète et facile du bois et de la fibre corticale et on obtient des filaments très blancs, peu chargés de paille et d'un prix élevé, mais c'est aux dépens de la solidité du jute. De même pour quelques-uns, lorsque les fibres doivent être employées dans le pays, le rouissage moins prolongé donne des filaments d'une couleur plus sombre, moins propres, toujours meilleur marché, mais aussi plus durables.

Au moment venu, on détache le gazon qui a servi à recouvrir les tiges et on retire celles-ci de l'eau. Alors, un ouvrier délie les paquets et commence par enlever à la main, près de la racine, une partie de l'écorce du noyau ligneux interne. Cela fait, il frappe

l'extrémité opposée sur une planche placée devant lui dans une position oblique, et, par un mouvement violent de va-et-vient, il détache presque d'un seul coup les couches corticales externes qui constituent le textile proprement dit.

A cet état de demi-préparation, le jute n'a pas besoin d'être teillé, on se contente seulement de le laver pour enlever les impuretés et la matière résineuse à moitié dissoute qui l'entoure. Pour y réussir, l'opérateur descend en pleine eau, et faisant tourner les fibres humides au-dessus de sa tête, il les bat petit à petit contre la surface du liquide. Lorsqu'il juge que celui-ci a entraîné une grande partie des matières solubles, il étend rapidement en éventail au-dessus même de l'eau la poignée qu'il tient, et en enlève avec soin les matières étrangères visibles.

Le jute est ensuite tordu, puis séché au soleil sur des bambous ou sur des cordes disposées à cet effet. Finalement, les fibres sont réunies en paquets de un ou deux mauds (le maud vaut 39 kilogrammes) pour être directement livrées à des courtiers vendeurs. Le quart environ est consommé par les indigènes.

On le voit donc, la culture et la récolte du jute sont des plus simples, et si l'on considère que le rendement par hectare est cinq fois plus considérable que celui de lin, qu'il serait même parfois suivant certaines indications, dix fois plus fort, il n'y a pas lieu de s'étonner du chiffre considérable du jute brut que l'on exporte de l'Inde.

*Emballage par les cultivateurs. Expédition en Europe.* — On ne fait pas de différence en Europe entre les filaments du *Corchorus capsularis* et ceux du *Corchorus olithorius*, mais les habitants de l'Inde, bien que désignant les deux espèces sous le nom générique de *jute* ou *natta-jute*, appellent le premier *ghu-malapaat* ou *gheenatlapaat* et le second *bunghi-paat*. Ils connaissent en outre un grand nombre de variétés commerciales de jute, auxquelles ils donnent, par ordre de qualité, les noms indiens de *uttaryá*, *deswál*, *desi*, *deorá*, *náráingangi*, *bákrábadi*, *bhátial*, *karimganji*, *mirganji* et *gangipuri*.

Lorsque la préparation de la fibre est terminée, quelques cultivateurs font, des lots, deux parties : l'une, composée des brins les plus longs, qui sont les plus chers, est destinée à l'exportation; l'autre est formée des filaments les plus courts et utilisée dans le pays.

Dans l'état où nous la recevons, la fibre brute se compose des

cinq sixièmes supérieurs du liber séparé et a une longueur de 2 mètres environ. Le sixième inférieur et la racine, qui ont été retenus dans les mains de l'opérateur au moment de la préparation agricole que nous avons décrite, sont coupés, en général, avant l'embarquement et fournissent, sous le nom de déchets de jute, une matière première de grande valeur pour la fabrication du papier. On a cherché à utiliser les matières amylacées et saccharines que contiennent ces déchets pour en faire, au moyen de l'acide sulfurique, une sorte de glucose comestible, ou par fermentation une espèce de « wiskey de jute » assez semblable comme goût à l'eau-de-vie de grains.

La nature chimique du jute a été récemment étudiée à fond par MM. Cross et Bevan à Barrow-in-Furness. Le jute ne contient pas la cellulose sous la forme ordinaire, mais bien un ou plusieurs dérivés (éthers) de la cellulose, que ces deux chimistes comprennent sous la dénomination générale de *bastose* (de l'allemand *bast*, liber). Tandis que la cellulose appartient à la classe des hydrates de carbone, la bastose constitue un passage de ceux-ci aux composés aromatiques; il résulte de là que le jute présente des propriétés très différentes de celles de la plupart des autres fibres végétales, propriétés dont on doit tenir compte dans la manipulation industrielle de ce textile dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

L'emballage du jute aux Indes par les cultivateurs se fait trop souvent dans de très mauvaises conditions. Ainsi, par exemple, on emballe les fibres encore humides, après un séchage imparfait d'un ou deux jours, et comme ce filament est très sensible à l'action de l'humidité ainsi que nous allons l'expliquer, celle-ci y exerce de notables ravages; d'autres fois, les ballots, à peu près secs, sont laissés, par insouciance, exposés aux chaleurs du climat, les fibres s'y échauffent, se décolorent ou s'affaiblissent; enfin, il arrive que, déposés tout humides sur le sol après leur lavage, ou lavés dans une eau bourbeuse, les filaments se couvrent d'impuretés : on les trouve alors, à l'ouverture des ballots, souillés de terre et de matières étrangères. De tous ces inconvénients, le plus regrettable est l'humidité, car non seulement le jute finit par se détériorer, mais encore il s'échauffe : plusieurs grands incendies qui ont eu lieu dans les docks de Londres ont été très souvent attribués à un échauffement produit par le jute humide. Aujourd'hui, un grand nombre de cultivateurs indiens vendent leur jute non emballé.

Il résulte d'expériences exécutées récemment que lorsqu'on abandonne à elles-mêmes de grandes masses de jute à l'état humide, surtout en présence de l'eau de mer, la matière fibreuse se décompose en substances analogues au tanin et en acides appartenant au groupe de l'acide pectique. La fibre s'altère ainsi plus ou moins et se transforme souvent même en une poudre friable. Les conditions dans lesquelles cette altération se produit existent dans le long transport par mer et peut-être même déjà, ainsi qu'on l'a vu, lors de la récolte aux Indes. Il est donc très vraisemblable que tout le jute que nous avons en Europe est déjà, plus ou moins gâté et que la qualité supérieure des produits fabriqués aux Indes doit être attribuée en partie à ce fait. Il serait désirable que les exportateurs indiens fixassent leur attention sur ce point.

C'est surtout le district de Seratjunge qui fournit la majeure partie des jutes exportés en Europe, et c'est autour des places de de Molda, Purnéa, Natore, Bunghore et Dacca, dans le Bengale, qu'il est principalement récolté : Calcutta est le centre du commerce.

Les cultivateurs apportent donc le jute au bazar de cette ville, soit emballé, soit en vrac. Lorsqu'ils l'apportent en ballots, ces derniers facilement reconnaissables se vendent toujours à un prix peu élevé, parce que l'acheteur ne peut les ouvrir et constater la qualité du textile qui lui est livré. Lorsqu'ils l'apportent en vrac, le jute est acheté suivant estimation par des courtiers qui le livrent directement à des maisons de vente : celles-ci ont à leur solde des inspecteurs spéciaux qui le classent en sortes distinctes, le font sécher à fond s'il ne l'est déjà dans de vastes magasins appropriés à cet usage, rejettent le mauvais jute, coupent à nouveau les pieds qui ont toujours été mal coupés par les cultivateurs, puis mettent en balles de 100 livres anglaises.

Les baguettes ligneuses que l'on retire du jute après l'avoir roui sont utilisées dans le pays. Elles sont blanches, bien droites et ressemblent à de jeunes branches de saule. Les indigènes en font, entre autres, un charbon de bois léger qui leur sert à faire de la poudre. C'est aussi avec elles qu'ils confectionnent les palissades dont sont entourés aux Indes tous les champs de bétel, ainsi que les torches avec lesquelles ils flambent la nuit la carène de leurs barques, pour faire périr les vers et insectes perforants renfermés dans le bois et qui pullulent dans ces contrées.

*Introduction du jute en Europe ; essais d'acclimatation.* — C'est à la Compagnie anglaise des Indes-Orientales que l'on doit la découverte du jute. Les qualités de cette fibre et les avantages qu'on en retirait ne furent signalés, en effet, qu'en 1792 par le botaniste Roxburg, envoyé par la compagnie à Calcutta afin de connaître quels étaient les filaments utilisables à monopoliser par l'Angleterre. Roxburg cultiva le jute dans le jardin botanique de Sibpur, fit de nombreux essais sur la fibre qu'il retira de cette plante, et consigna dans un rapport le résumé de ses expériences.

Les filaments qu'il envoya en Europe, et qui étaient alors comme aujourd'hui connus dans l'Inde sous le nom de *pat* ou de *koshka* furent alors désignées en Angleterre sous le nom de *jute*, corruption vraisemblable des mots *jhont* ou *jhot* sous lesquels la plante était connue par les jardiniers du jardin d'essai, originaires d'Orissa.

De 1792 à 1796, la Compagnie employa tous les moyens pour faire apprécier le jute en Europe, et dépensa en frais d'annonces et d'essais une somme d'environ 45 000 livres sterling. Elle ne réussit, en 1796, qu'à en faire expédier sur le continent une certaine quantité sous diverses formes; cette quantité, indiquée dans un rapport sur les affaires de l'Inde, lu en 1831, à la Chambre de commerce de Dundée est évaluée, en ce qui concerne le jute brut, à 159 mauds pour la Grande-Bretagne, 1100 pour Hambourg et 159 pour l'Amérique, plus une certaine quantité de jute manufacturé en destination des États-Unis, de Penang (Chine) et des Nouvelles-Galles du Sud. En présence d'un aussi maigre résultat, la Compagnie cessa ses frais et les exportations chomèrent jusqu'en 1800.

Il est curieux de constater cependant que les efforts faits jusque là portèrent leurs fruits dans les pays de production. Lorsque les Indiens s'aperçurent qu'on attachait quelque prix au jute, ils s'empressèrent de le cultiver sur une plus grande échelle, et un certain nombre de contrées qui, jusque-là, ne se livraient pas à l'extraction de la fibre firent nombre d'essais en ce sens.

En 1800, la Compagnie des Indes inaugura un autre système. Au lieu de retirer le jute des colonies de la métropole, elle essaya d'y implanter un textile d'Europe, le chanvre. Celui-ci fut bien vite acclimaté, mais peu cultivé. La culture et le travail du chanvre sont en effet plus longs et plus difficiles que celui du jute, et les Indiens, habitués à ce dernier textile, lui donnèrent la préférence.

En 1803, sur l'instigation de l'un des comités de la Compagnie, celui dit « du commerce et des plantations », le docteur Buchanan fut envoyé à Calcutta pour prendre la direction d'une ferme et faire de nouveaux essais pour la propagation de la culture du chanvre. Il s'installa dans les environs de Calcutta; mais au lieu de se borner à l'essai d'un seul textile, il en fit cultiver un grand nombre de variétés. Il envoya en Angleterre des spécimens de chanvre brun de Bombay (*hibiscus cannabinus*) de sunn (*crotalaria juncea*) du Bengale, et de différentes sortes de jute, et il accompagna son envoi d'un rapport indiquant la ténacité de chacune de ces fibres et l'heureux parti qu'en tiraient les Indiens.

Si les efforts du docteur Buchanan ne furent pas couronnés d'un succès immédiat, il en résulta du moins qu'un certain nombre de plantes textiles, jusque-là inconnues du public européen, arrivèrent à être appréciées, et qu'on sut officiellement chez les Anglais qu'on pourrait en retirer, lorsqu'on le voudrait, de grandes quantités des colonies britanniques. Son rapport fut publié, en effet, à un grand nombre d'exemplaires, par les soins de la Compagnie et répandu à profusion dans le monde industriel anglais.

La Compagnie des Indes reprit alors l'importation du jute d'une manière intermittente, faisant de temps en temps filer ce textile à façon dans les manufactures anglaises et procéder à de nombreux essais sur les emplois auxquels il pourrait convenir. Cette persévérance finit par être couronnée de succès, car le jute fut peu à peu demandé : ce n'est cependant qu'en 1835 qu'il figure définitivement dans les relevés officiels du commerce anglais. Actuellement, la consommation de l'Angleterre peut être évaluée par an à 200 000 tonnes (de 1015 kilos).

De tout ceci nous voulons surtout retenir que c'est grâce à l'acharnement patriotique avec lequel la Compagnie anglaise des Indes a poursuivi l'introduction du jute en Europe, que ce textile est devenu le monopole de l'Angleterre et, grâce à la consommation, l'une des plus importantes productions des Indes. Après tous ces efforts, il est résulté incontestablement un accroissement considérable de richesses, et dans la colonie, et dans la métropole.

A la suite des faits que nous venons de citer, l'importation du jute en Europe reçut ensuite une grande impulsion à deux époques différentes : en 1855, d'abord, au moment de la guerre de Crimée, alors que, le chanvre de Russie faisant défaut à l'Angleterre, il fallut

tenter de le remplacer par un autre filament; puis en 1863, au moment de la guerre américaine de sécession, qui fit monter le coton à des prix exhorbitants et força bon nombre de consommateurs à essayer de le remplacer par le jute pour la fabrication de certains articles à bon marché. Voici les quantités sorties de l'Inde anglaise depuis 1855 :

| | | |
|---|---|---|
| 1855-56 | 177.071.235 | kilogrammes. |
| 1866-67 | 93 804.810 | — |
| 1867-68 | 126.537.936 | — |
| 1868-69 | 184.254.636 | — |
| 1869-70 | 175.413.225 | — |
| 1870-71 | 191.975.526 | — |
| 1871-72 | 317.147.529 | — |
| 1872-73 | 370.040.139 | — |

La quantité totale de jute produit annuellement dans l'Inde est évaluée à 500 millions de kilogs, soit la moitié du poids du coton produit sur toute la surface de la terre, d'après les appréciations généralement admises.

Aussi, quelques chercheurs ont-ils tenté d'acclimater le jute hors de l'Inde. En 1857, un sieur Al. Eason fit à Dundée quelques essais qui n'amenèrent aucun résultat. En 1867, M. Stier répéta les mêmes expériences à Montpellier, il dut renoncer à le cultiver en grand. Il en envoya quelques plants plus tard au jardin du Hammam d'Alger, mais on n'en obtint, après six mois de plantation, qu'un produit inférieur à ceux fournis ordinairement par l'Inde. Jusqu'ici le jute reste donc, et restera sans doute encore longtemps, le monopole ce ce dernier pays.

En terminant ce que nous avons à dire sur ce textile, il nous semble intéressant d'indiquer la quantité de jute brut importé en France dans ces dernières années.

| PROVENANCE. | 1875. | 1876. | 1877. | 1878. | 1879. | 1880. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
| Angleterre | 31.074.420 | 24.083.468 | 27.472.112 | 24.947.388 | 28.613.762 | 25.013.773 |
| Indes anglaises | 5.148.888 | 3.623.005 | 223.244 | 402.610 | 9.608.600 | 5.979.330 |
| Autres pays | 152.602 | 9.663 | 744.314 | 147 | 910.551 | 688.535 |
| Total | 36.375.910 | 27.716.136 | 28.439.670 | 25.350.154 | 30.132.913 | 31.671.638 |

Nous nous adressons donc, comme on le voit par ce tableau, plutôt aux docks de Londres et de Liverpool qu'aux cultivateurs de Calcutta pour nos approvisionnements.

En France, en Angleterre, en Allemagne, le jute est employé soit à la fabrication de toiles d'emballages et de sacs, soit à la confection des tissus très divers craignant peu l'humidité.

Aux Indes, les Musulmans travaillent le coton et les Indous le jute; ce textile est pour ainsi dire travaillé par tout le monde ouvrier et le filage et le tissage en occupent chaque intérieur pauvre, surtout dans le Bengale inférieur où l'on s'en fait des vêtements. De plus, depuis l'abolition de la loi des Suttées qui ordonnait aux veuves indoues, à la mort de leur mari, de se précipiter dans le bûcher où devait brûler le défunt, ces femmes peuvent vivre, mais elles sont encore repoussées par leurs coreligionnaires et n'ont plus aujourd'hui d'autre ressource que de tisser la toile de jute. Enfin, dans leurs moments perdus, les bateliers, les laboureurs, les porteurs de palanquins, les domestiques, imitent l'exemple des veuves indoues et s'installent au métier à tisser. Dans ces dernières années, le travail du jute est devenu si important, qu'on a pu constater au Bengale qu'il y avait parfois, à poids égal, une différence des plus minimes entre le prix de la matière première et celui des tissus de jute.

## Le Sunn.

Cet autre textile est fourni par une légumineuse-papillonacée, la *Crotalaria juncea* (L.), répandue dans l'Inde entière et dans les îles de la Sonde où elle est cultivée depuis longtemps pour l'usage des habitants de ces contrées.

Elle a été assez longtemps importée en Europe à destination de Dundee : on l'y connaissait alors sous le nom de *Sunn-hemp;* quelques balles furent envoyées d'Écosse en France, et ce textile y reçut les divers nom de *Chanvre de Madras*, de *Bombay*, de *Wuckonoor*, etc. C'est à l'initiative de la Compagnie anglaise des Indes que fut encore dû l'emploi de ses filaments sur le continent. L'importation n'en devint importante qu'en 1850, alors qu'il fut prouvé par divers essais que la fibre qu'elle fournissait était plus solide que celle du jute; les quantités suivantes furent envoyées des Indes en Angleterre :

| Années. | Tonnes anglaises. | Valeur en liv. sterl. |
|---|---|---|
| 1850 | 1053 | 11.944 |
| 1852 | 2379 | 30.681 |
| 1854 | 7036 | 77.590 |
| 1856 | 3696 | 52.107 |
| 1858 | 2999 | 38.181 |
| 1860 | 1372 | 20.471 |

Comme on le voit, le chiffre des importations en 1860 était à peu près le même que dix années auparavant. Il s'en vendait alors deux qualités, plus chères toutes deux que le jute. Le sunn tomba en défaveur les années suivantes, lorsqu'on s'aperçut que, moins encore que ce dernier textile, il pouvait être soumis à l'influence de l'humidité. Il ne figure plus deux ans plus tard dans les relevés officiels du commerce anglais.

Il est cultivé aux Indes de temps immémorial, et, dans certaines parties du pays, dans l'Inde occidentale entre autres, il est plus employé que ne l'est le jute. Dans l'île de Salsette, par exemple, tous les habitants portent des vêtements en sunn et l'emploient non roui, se contentant, pour obtenir la fibre, de gratter superficiellement l'écorce : le produit qu'ils obtiennent est plus résistant, et devient à la longue d'une couleur jaune-pâle présentant un vif éclat soyeux, il a environ 1 mètre de long; on le désigne quelquefois en Europe sous le nom de *salsette*.

Dans les autres parties de l'Inde où le sunn est employé on le rouit toujours à la façon du jute. Après la récolte qui se fait en août, on coupe les tiges à la racine ou bien on les arrache et on en forme des bottes de 10 à 12. On fait ensuite immerger le pied dans l'eau pendant quelques jours pour attendrir cette partie de la plante qui, sans cela, serait dure et grossière, puis on met les faisceaux entiers dans les fossés pendant deux ou trois jours. La décortication s'en fait ensuite comme pour le jute. Dans ces contrées, on récolte deux variétés de sunn : l'une dite *phool* semée en mai ou juin, atteint une hauteur de dix a douze pieds anglais; l'autre, dite *boggy*, semée en octobre, s'élève à 5 ou 6 pieds. On sème toujours aussi dru que possible pour n'avoir pas de tiges ramifiées : un proverbe indien dit à ce sujet « Qu'un serpent ne devrait pas pouvoir passer au travers d'une plantation de sunn ».

On cultive encore aux Indes une variété de sunn, le *crotalaria tenuifolia* (Hornm.), qu'on a autrefois dénommé en Angleterre

*chanvre de Jubbulpore*, du nom du pays de provenance. On utilise aussi à Java le *crotolaria striata*.

**Le Broussonetia.**

Le *Broussonetia papyrifera* (L.) est une urticée cultivée sur une grande échelle en Chine et surtout au Japon. Les fibres qu'on en retire n'étant pas assez longues pour être tissées, sont utilisées comme pâte à papier. En Chine, on se contente, pour en faire usage, d'en piler fortement l'écorce, et de la délayer ensuite dans une eau mucilagineuse préparée avec le riz ou la racine de manioc : la pâte étendue ensuite sur des moules, devient un papier poreux qui, suivant son épaisseur, est employé pour les ouvrages au pinceau ou pour couvertures de parasol. Au Japon, le broussonetia est employé à mille usages : on en fait une sorte de cuir gauffré pour tentures d'appartement, il remplace dans ce pays nos maroquins et nos toiles cirées, on en fait encore de la ficelle très résistante au moyen de bandes d'écorce bien tordues; enfin et surtout, on en fabrique le magnifique papier parchemin dit du Japon importé en Europe en quantités considérables.

On voit dans ce pays des pépinières de broussonetia en exploitation continue. Chaque racine y donne, au bout de quatre mois de croissance, des rejetons de 3 à 4 pieds de long qui sont coupés régulièrement chaque année au ras du tronc, et sont exclusivement employés à la fabrication du papier,

Dans ce but, une fois les rejetons coupés, on les plonge dans l'eau durant 24 heures, pour en attendrir l'écorce et l'enlever facilement à la main. On fait de ces écorces des paquets que l'on étend sur des perches pour les faire sécher. Au bout de trois jours on les enlève, on les fait macérer à nouveau plusieurs jours dans l'eau courante, on en gratte la partie externe et colorée qu'on rejette pour la fabrication d'un papier grossier, et on conserve des lanières bien blanches, qu'aprés avoir bien lavées on abandonne dans des baquets pleins d'eau. On fait bouillir le tout en ajoutant un peu de chaux ou de cendre d'écorce de blé, on lave la pulpe obtenue en la plaçant dans des paniers à jour qu'on fait passer dans un cours d'eau, on l'étend finalement sur une planche de chêne pour la battre au maillet et l'amollir; et ce n'est qu'à partir de ce moment que la pâte est soumise aux manipulations ordinaires de la fabrica-

tion du papier. Elle est tamisée, additionnée d'eau et placée dans une cuve où on la puise avec une forme en bambou.

### Autres plantes textiles.

Un certain nombre de plantes fournissent encore dans leur pays de production des fibres beaucoup moins utilisées que celles que nous venons d'étudier. Nous citerons par exemple, l'*Hibiscus cannabinus*, le *Sida retusa*, le *Malachra capitata*, tous trois de la famille des Malvacées, l'*Apocynum Sibiricum* (Apocynées) et un certain nombre de plantes de la famille des Asclépiadées.

L'*Hibiscus cannabinus* (L.) est utilisé surtout au Bengale où il atteint une hauteur de 2 mètres à à $2^m$,50. La filasse, retirée de l'écorce, y est employée pour la fabrication des cordes. Il en vient quelquefois en Angleterre où elle est connue sous le nom de *jute bâtard*, *faux jute*, *chanvre de Gambon*, etc. C'est le même textile que l'on désigne à l'ouest des Indes anglaises sous le nom d'*Ambarée*.

Le *Sida retusa* (L.) est utilisé dans le nord de l'Australie. On retire de son écorce sous le nom de *chanvre de Queensland* des filaments peu colorés, assez ternes et tenaces qui ont fixé l'attention dans ces dernières années.

Le *Malachra capitata* (L.) ne se trouve que dans l'Amérique du Sud. Il y fournit des filaments de 8 à 9 pieds de longueur, d'un aspect argenté, doux au toucher, analogues à ceux que donne le jute de seconde qualité. On prépare ces fibres exactement comme celles du jute, mais en faisant rouir la plante aussitôt qu'elle est coupée, parce que l'exposition aux rayons du soleil la dessèche, durcit ses tiges et empêche d'en enlever facilement l'écorce.

L'écorce des rejetons des *Apocynum venetum* et *Apocynum Sibiricum*, désagrégée par le rouissage, donne des fibres longues de 1 mètre à 2 mètres et demi qui sont très tenaces et très souples. Ces fibres sont employées pour la corderie dans la Russie méridionale, la région de la mer Caspienne, la Sibérie et le Turkestan. Leur emploi est d'ailleurs signalé par M. Capus dans ses notes agronomiques sur le Turkestan (*Ann. agron.*, t. VIII, p. 372.)

Enfin nous trouvons dans la famille des Asclépiadées un certain nombre de plantes textiles utilisées. Nous signalerons principalement :

Le *Calotropis gigantea* (R. Brown) qui croît au Sénégal, aux Indes, à Ceylan, dans les colonies portugaises et en Perse. Le textile qu'on en retire est de deux sortes : l'un qui provient de l'écorce de la plante et qui est constitué par des fibres d'une couleur blanche et d'une solidité absolue assez grande, dont on fait au Sénégal des tissus connus sous le nom de *fafetone;* l'autre fourni par les poils des semences, poils brillants, blancs ou jaunâtres, connus à Angola sous le nom de *laine de bombardeira* et dont on fabrique des tissus fins et soyeux. C'est la présence de ces poils qui a fait parfois donner au Calotropis le nom de *plante à soie* ou *coton sauvage.*

Le *Marsdenia tenacissima* (W.), asclépiadée dont Roxburg appréciait les fibres comme plus solides que celles du chanvre et dont les habitants des montagnes de Radjmahl se servent pour fabriquer les cordes de leurs arcs.

Le *Lyonsia straminea*, qui croît en Tasmanie et y est employé pour la confection des cordes.

### Fibres de libers.

A côté des filaments textiles proprement dits, nous examinerons prochainement les *libers*. Ces produits végétaux ne se distinguent des autres que parce qu'ils se composent des couches du tissu libérien encore adhérentes les uns avec les autres et que, les faisceaux de fibres ne se présentant pas sous une forme isolée, la structure fibreuse est moins apparente. Certains de ces libers, pendant la préparation à laquelle ils sont soumis, sont divisés en fins faisceaux fibreux : nous en citons ici quelques-uns ; d'autres soumis à des traitements identiques, donnent toujours des couches cohérentes, nous les examinerons plus loin d'une manière spéciale. Cette variation est produite par la différence de composition histologique. Lorsque certains éléments qui environnent les faisceaux fibreux sont plus ou moins complètement enlevés par les procédés de préparation, les faisceaux de fibres de libers sont isolés ; lorsqu'au contraire le traitement préparatoire ne peut pas détruire la cohésion de ces faisceaux, ceux-ci restent solidement réunis et rattachés les uns aux autres. Suivant la force du traitement ou la durée de l'opération, on peut, dans certains cas, obtenir à volonté des fibres ou des couches douées de cohésion. La préparation dont nous parlons

consiste toujours à rouir à l'eau froide soit les écorces, soit les tiges entières ou les troncs. Ce rouissage détruit en grande partie l'enveloppe externe et les éléments du tissu parenchymateux qui composent l'écorce externe et l'écorce moyenne, les couches de cambium, ainsi que les rayons médullaires.

Les principaux libers qui fournissent des fibres dans leurs pays de production sont :

Ceux des *Abelmoschus moschatus*(Mœnch.)et *Ab. ficulneus*(Malvacées) dont on retire aux Indes une matière textile de $0^m,70$ de longueur, malheureusement peu solide, jaunâtre dans son ensemble, mais toujours brune par place, par suite d'un commencement de transformation des substances incrustantes de la membrane cellulaire, et qu'on a trouvée quelquefois mélangée au jute d'importation.

Ceux du *Thespesia populnea* (*Hibiscus populneus, L.*) répandu dans toute la zone tropicale et utilisé surtout à Demerara (Indes) pour la confection de sacs à ensacher le café, et du *Thespesia lampas* (Dulz.) qui donne aux Indes une fibre textile blanche, jaune ou brunâtre, peu tenace et d'aspect grossier, et qui lui-même est employé entier à divers usages sous le nom de *rai-bhenda*.

Ceux des *Cordia obliqua* (Willd.) et *Cordia angustifolia* (Roxb.), cordiacées qui croissent dans l'Inde; libers extrêmement solides, employés tels quels, ou transformés en fibres dites *naravali* employées pour faire des tissus grossiers, des cables, cordes et filets.

Ceux des *Urena sinuata* (L.) et *Urena lobata* (L.) (malvacées), qui croissent aux Indes sans culture, et dont on retire des fibres qui ont une couleur blanche ou jaunâtre et un bel éclat, lequel devient terne au contact de l'humidité.

Ceux enfin des *Bauhinia tomentosa* (L.) et *Bauhinia parviflora* (Vahl.) (papilionacées), le premier, exploité à Ceylan, se composant de cellules de liber fortement épaissies, peu colorées, et contenant du tissu parenchymateux qui donne à la fibre qu'on en retire une couleur brun rouille; l'autre un peu plus pâle, appartenant à cette plante grimpante de 300 pieds de longueur, que les Indiens appellent *malao* et qui a servi à faire les cordes dont sont construits les ponts suspendus sur la Jumna.

(*A suivre.*)

---

## ÉCHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT
# DES TERRES ARABLES ET DE LEURS ÉLÉMENTS
## SOUS L'INFLUENCE
## DE LA RADIATION SOLAIRE ET DU RAYONNEMENT TERRESTRE

**Par M. F. MASURE**

## CHAPITRE PREMIER

### PRÉLIMINAIRES.

### I. — Position de la question. — Discussion des méthodes suivies par Schubler et de Gasparin.

La chaleur de la terre où croissent les plantes exerce, comme la température de l'air ambiant où elles respirent, une influence considérable sur leur développement; la végétation est active au printemps et à l'automne parce que les températures du sol et de l'air y varient de 10 à 20°; elle se ralentit en été quand elles dépassent 25°; elle est nulle en hiver lorsqu'elles tombent au dessous de 5°, et les gelées peuvent même détruire les plantes quand le froid est trop intense.

Non seulement les températures du sol arable varient d'une saison à l'autre mais encore du jour au lendemain et même d'une heure à l'autre; c'est pourquoi, quand on suit pas à pas la marche de la végétation, on la voit subir d'heure en heure l'influence de la radiation solaire et du rayonnement terrestre qui sont les causes dominantes de l'échauffement de la terre et de l'air et de leur refroidissement.

Mais les variations de température des sols arables ne dépendent pas seulement de la radiation et du rayonnement, elles subissent en outre l'influence de la nature du terrain et de son degré d'humidité, de son exposition et de plusieurs autres causes secondaires; aussi les agriculteurs, sous l'empire de cette pensée, qualifient-ils les sols arables de terrains *chauds* ou *froids*, *secs* ou *humides*, et son importance est si grande que depuis longtemps les agronomes ont cherché à déterminer par l'expérience les influences que la compo-

sition et la nature des terres arables peuvent exercer sur leur échauffement et leur refroidissement.

La question nous a paru intéresser suffisamment les progrès de l'agriculture et de l'horticulture pour l'étudier de nouveau en suivant d'heure en heure la marche des températures des terres exposées à l'air libre.

Les premières expériences précises sont dues à Schubler; elles ont été reprises par le comte de Gasparin qui s'est efforcé de les compléter[1]. Nous devons rappeler ici en quelques mots leurs méthodes d'expérimentation afin d'indiquer pourquoi et comment nous avons cru bon de les modifier, dans les différents cas où ils se sont placés.

1° *Refroidissement des terres.* — Schubler prenait les mêmes poids des différentes terres, les chauffait au même degré (62°,5) les laissait refroidir jusqu'à 21°,2 dans une salle où l'air était à 16°,2. La terre qui mettait le plus de temps à se refroidir était considérée comme celle qui conservait le mieux la chaleur.

Les choses ne se passent pas tout à fait ainsi dans la nature; les terres sont à l'air libre, elles subissent l'influence de la radiation solaire pendant le jour, celle du rayonnement terrestre le jour aussi bien que la nuit, celles des vents et autres éléments météoriques.

Désireux de nous placer dans les conditions naturelles, nous avons observé le refroidissement des terres à l'air libre en nous assujettissant à faire les observations d'heure en heure pendant la journée et plusieurs fois en outre pendant la nuit.

2° *Echauffement des terres.* — Schubler exposait à la radiation solaire les diverses terres placées au milieu de l'air à 25° et représentait leur *faculté d'échauffement* par l'excès sur 25° de la température que chacune prenait.

Nous ne savons pas bien, d'après le résumé que présente de Gasparin dans son ouvrage, comment l'air restait à 25° pendant que les terres s'échauffaient au soleil; nous pensons que 25° était la température qu'avait l'air ambiant à l'heure où les terres atteignaient leur maximum d'échauffement. Quoi qu'il en soit, le cas où l'air à est 25° n'est qu'accidentel, car dans l'espace de vingt-quatre heures, la température de l'air peut dans certains cas varier de près de 20°, du lever du soleil à 2 heures de l'après-midi.

1. De Gasparin. *Leçons d'Agriculture*, t. Ier, p. 161 et suivantes.

En observant, comme nous l'avons dit d'heure en heure, du lever au coucher du soleil, nous avons suivi pas à pas l'échauffement des diverses matières terreuses comme il a lieu dans la nature.

3° *Influence de la couleur des terres.* — De Gasparin s'est préoccupé spécialement de cette influence, à tel point que pour l'étudier il recouvrait les échantillons de terres, les uns de *magnésie blanche* les autres d'un *vernis noir.*

Ce fut une grave erreur, car d'après les expériences de Melloni, de Laprovostaye et Desains, de Masson et Courtépée que nous pourrions discuter ici complètement, le pouvoir absorbant d'une matière ne dépend pas de sa couleur, mais bien de l'état physique de la couche superficielle qui la rend plus ou moins pénétrable aux ondulations lumineuses et calorifiques émanées du soleil; de sorte que, recouvrir les terres de magnésie ou de vernis, c'était comparer les pouvoirs absorbants de la magnésie et du vernis et non pas ceux des matières terreuses que recouvraient ces substances.

Il est donc nécessaire, dans des expériences sur l'échauffement et le refroidissement des terres de laisser aux matières leurs couleurs naturelles sans trop s'en préoccuper.

Il importe aussi de leur laisser le tassement que leur fait prendre leur propre poids et l'eau qu'elles peuvent recevoir, afin de se rapprocher des conditions où elles se trouvent dans la nature.

4° *Influence de la conductibilité.* — De Gasparin pensait mesurer cette influence en soumettant comparativement à la radiation solaire les matières recouvertes de magnésie blanche ou d'un vernis noir; il attribuait les différences obtenues à leurs conductibilités respectives. Ces différences provenaient plutôt, suivant nous, de leurs capacités calorifiques.

Nous n'avons point, dans ce travail, abordé cette question difficile sinon insoluble. Il faudrait pouvoir établir et intégrer les équations différentielles d'équilibre entre la chaleur reçue du soleil d'une part, et d'autre part : 1° la chaleur perdue par le rayonnement de la surface; 2° la chaleur prise par l'évaporation de l'eau; 3° la chaleur qui produit l'échauffement de la matière et de l'eau qu'elle peut renfermer; 4° enfin, il y aurait encore à tenir compte de la *conductibilité* de la masse.

Nous nous sommes borné à observer l'échauffement moyen de la couche où plongeait le réservoir du thermomètre.

5° *Influence de l'humidité des matières.* — De Gasparin soumet-

tait à la radiation solaire, dans l'air (toujours à 25°), les matières sèches et les matières humides; les différences des températures observées représentaient l'influence de l'humidité sur l'échauffement de chacune d'elles. De Gasparin trouva que ces différences étaient à peu près les mêmes (de 7,12 à 7,75) pour chaque matière et il ajouta qu'elles se maintiennent tant que les matières ne sont pas desséchées.

Nous avons soumis à des observations horaires, pendant une première période, les matières sèches; dans une deuxième période, les matières à demi saturées; dans une troisième les matières saturées d'eau, en ayant soin, chaque jour, de déterminer les poids de l'eau évaporée. Notre but était de reconnaître, comme de Gasparin, l'influence de l'humidité sur l'échauffement et en outre l'influence du degré d'humidité.

6° *Influence de la nébulosité.* — De Gasparin indique par le mot nébulosité l'état du ciel; il est clair que les nuages en interceptant les rayons du soleil leur font perdre une partie de leur intensité calorifique; mais il est impossible d'évaluer la proportion de chaleur interceptée par les nuages pendant chaque heure, car elle varie de minute en minute; on ne pourrait donc pas représenter par des chiffres l'influence de la nébulosité.

Nous n'avons pas cherché à mesurer cette influence, mais au contraire à nous mettre à l'abri de ses effets en choisissant, pour discuter les résultats obtenus, les observations faites pendant les journées où le ciel était resté pur.

7° *Echauffement et refroidissement des eaux et des herbes comparés à ceux de la terre et de l'air.* — Pour compléter nos observations sur les terres et leurs éléments, il était utile et même important de rechercher comparativement les effets éprouvés en même temps par l'eau ordinaire, par l'eau salée analogue à l'eau chargée des sels de la terre, et enfin par le gazon qui représente le feuillage des plantes.

Ces recherches étaient assez intéressantes par elles-mêmes; elles avaient en outre l'avantage de faire mieux reconnaître l'influence de l'évaporation des terres sur leur échauffement.

### II. — Modes et procédés d'observation.

1° *Choix des matières.* — Nous avons pris d'abord les quatre éléments principaux des terres arables, du *sable siliceux*, de *l'argile*

*pure*, du *calcaire pulvérulent* et du *fumier de cheval* bien consommé et sans matières terreuses. Comme type de terre nous avons pris celle de notre *jardin*.

Toutes les matières avaient été préalablement analysées pour nos expériences sur l'évaporation de l'eau des terres [1].

2° *Mise en expérience*. — Les matières terreuses étaient mises dans des vases cylindriques en faïence blanche de 80 centimètres carrés de section et d'une hauteur intérieure de 6 centimètres. Les matières étaient préalablement desséchées à 100° et pulvérisées; on leur faisait prendre un tassement naturel et une surface horizontale; on ajoutait ou on retranchait de la matière de manière à ce que leur épaisseur fut de 5 centimètres et on en prenait le poids en retranchant du poids des vases remplis des matières mises en expérience celui des pots préalablement pesés.

On s'attachait, on le voit, à mettre en expérience le même volume de matières plutôt que le même poids. Quand on y mettait de l'eau, on déterminait l'évaporation en fractions centésimales du poids de la matière sèche.

On mettait également en observation, parallèlement avec les terres, de l'eau ordinaire, de l'eau salée et un gazon touffu. Les eaux étaient mises dans des vases semblables sous la même épaisseur de 5 centimètres. Mais le gazon n'eût pas été, sous la section de 80 centimètres carrés, assez touffu pour échapper à l'influence directe de l'air ambiant; on l'avait fait pousser en le semant très dru dans un vase cylindrique en faïence de 250 centimètres carrés. Il avait très bien réussi et il émergeait du vase d'environ 15 centimètres de hauteur.

3° *Exposition*. — Les pots étaient rangés en ligne droite sur une table horizontale de 1$^{m}$, 20 de hauteur, dressée au milieu d'un jardin de manière à recevoir directement les rayons du soleil.

Devant la ligne des pots était placée une feuille de tôle (dressée verticalement sur deux supports) destinée à mettre leurs faces à l'ombre. On approchait ou on éloignait d'heure en heure cet écran, et on changeait, s'il y avait lieu, la place et la direction de la table, afin que dans tous les cas les rayons du soleil tombassent directement et exclusivement sur la surface des matières contenues dans les vases.

1. Pour les résultats de ces analyses, voir les *Annales agronomiques*, t. VIII, p. 165.

Le vase portant le gazon restait seul en dehors de l'ombre de l'écran.

4° *Vérification préalable des échelles thermométriques.* — Nous avons employé des thermomètres à mercure à réservoir soufflé dans le verre et divisés en demi-degrés. Nous avons cru bon de les soumettre préalablement à une vérification comparative non seulement de leur zéro, mais encore de la partie de leur échelle qui pouvait être observée. A cet effet on les plaçait tous dans un grand vase rempli d'eau chaude, et quand l'un d'eux pris pour type marquait 50, 40, 30, 20, 10 et 0 (en y mettant quelques glaçons), on observait et on notait sur un registre les températures et par suite la correction à faire pour les autres.

Nous avions, grâce à ces corrections, des températures comparables, et nous pouvions compter sur une précision de 1/5 de degré.

5° *Installation des thermomètres.* — Chaque vase avait son thermomètre. Ces instruments étaient dressés au milieu du pot; le réservoir plongeant entièrement dans la matière terreuse sans toucher le fond. Dans les vases à eau, on agitait le réservoir dans le liquide avant d'observer; dans le gazon on le remuait doucement au milieu de l'herbe; dans l'air ambiant on lui faisait faire la fronde.

6° *Époque des expériences.* — Dans l'espoir d'obtenir des résultats très marqués, nous avons choisi le milieu de l'été de 1881; les observations ont duré du 5 juillet au 10 août. Le hasard nous a favorisé, car non seulement ce fut une période de beau temps où le ciel fut le plus souvent sans nuages, mais ce fut la période la plus chaude qu'on eût observée depuis un siècle dans le centre de la France.

## CHAPITRE II

### ÉCHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT DES MATIÈRES TERREUSES SÈCHES

#### Effets éprouvés en même temps par les eaux, les herbes et l'air ambiant.

La série la plus importante des observations à faire était certainement celle où les matières terreuses étaient absolument sèches, car alors elles échappaient à l'influence de l'humidité; leur échauffement était dû exclusivement à *leur pouvoir absorbant* pour la chaleur solaire et à *leur pouvoir émissif*, dans le rayonnement à

travers l'air ambiant. Il dépendait de la nature de la matière et permettait en conséquence d'en mesurer directement les influences.

Les observations commencées le 4 août à 8 heures du matin, ont continué sans interruption jusqu'au 6 août à 6 heures du soir où on a dû les cesser par suite de la nébulosité du ciel.

*État du ciel et de l'atmosphère.* — Le vent souffla de l'est en faible brise pendant cet intervalle, et le ciel resta d'un pur azur excepté pendant l'après-midi du 5 août, où quelques légers nuages circulèrent mais sans nuire sensiblement à l'insolation. Nous ne pouvions souhaiter des circonstances plus favorables.

*État des matières.* — Les matières pesées à 9 heures, à midi et au coucher du soleil ne changèrent pas de poids, l'évaporation était nulle; mais les pesées de la nuit et des premières heures de la matinée accusèrent une *condensation des vapeurs atmosphériques sur les terres.* Vers 8 heures elles reprenaient le poids de la veille par suite de l'évaporation de la rosée reçue pendant les heures précédentes. L'eau ordinaire évapora 13 p. 100 de son poids, l'eau salée 11 p. 100, la transpiration du gazon fut de 302 grammes par jour.

Nous avons construit la carte complète de cette remarquable période; elle tiendrait trop de place ici, nous donnerons seulement la carte qui les résume en prenant les moyennes de températures observées aux mêmes heures de jour et de nuit, pendant les trois journées d'observation.

Ces températures sont les ordonnées des diagrammes de la carte ci-jointe.

Les diagrammes de la carte représentent nettement la marche des températures pour l'air, le gazon, les eaux et les terres; nous nous bornerons à faire ressortir brièvement les principales règles de l'*échauffement* et du *refroidissement* qu'ils mettent en évidence, en nous attachant à en expliquer les causes aussi complètement que possible.

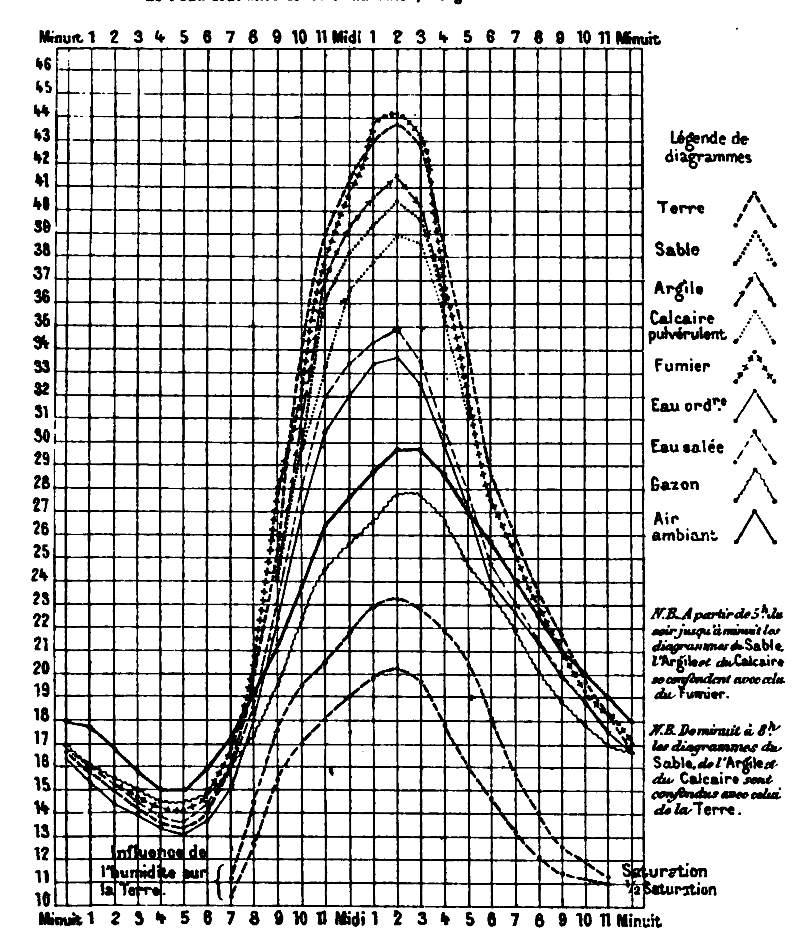
1° *Températures horaires de la couche inférieure de l'atmosphère.* — Du 4 au 6 août 1881, dans notre jardin, le minimum de la température fut de 15° en moyenne au lever du soleil, le maximum qui fut en moyenne de 29°,6 était atteint entre 2 et 3 heures. La différence entre les deux fut donc de 14°,6. Le diagramme des températures était aussi régulier que possible, grâce à la pureté du ciel.

Il y eut donc *échauffement* de l'air pendant 10 heures environ,

*refroidissement* pendant les 14 heures suivantes, lents aux minima et aux maxima des courbes, rapides dans les heures intermédiaires.

I. — CAS OU LES MATIÈRES TERREUSES SONT DESSÉCHÉES COMPLÈTEMENT.

Échauffement et refroidissement à l'air libre de la terre et de ses éléments, de l'eau ordinaire et de l'eau salée, du gazon et de l'air ambiant.




2° *Températures horaires de l'air circulant dans les gazons.* — L'air circulant au milieu du gazon fut toujours plus froid que l'air ambiant de 1° à 2° environ. Les herbes hautes de 15 centimètres offraient cependant au soleil une surface d'absorption considérable, mais elles dépensaient pour la transpiration une quantité de chaleur énorme (environ 600 × 0,302 pour la journée), plus de

18 calories par heure. Cette perte maintenait le gazon au-dessous de la température de l'air ambiant.

Le fait bien connu de la fraîcheur des prés et des bois était donc mis en lumière d'une manière frappante.

3° *Échauffement et refroidissement des eaux douces en repos.* — L'eau, malgré son évaporation peut devenir plus chaude que l'air quand le soleil est assez élevé au-dessus de l'horizon pour lui envoyer plus de chaleur que n'en demandent son évaporation et son rayonnement.

Nous voyons son diagramme se tenir au-dessus de celui de l'air ambiant depuis 8 à 9 heures du matin jusque vers 5 heures du soir, et sa température maxima s'élever de 4° au-dessus de celle de l'air à 2 heures de l'après-midi. Pendant la soirée, toute la nuit et une partie de la matinée, l'eau ordinaire, même en repos, est plus froide que l'air ambiant, mais de 1 à 2° au plus.

Nous avons à peine besoin de faire observer que les eaux douces qui circulent dans les rivières ayant leur évaporation favorisée par l'agitation de la surface sont naturellement plus froides que les eaux des étangs.

Ce qu'il faut remarquer surtout ici c'est que l'eau reste sous l'influence du soleil toujours plus froide que les terres sèches. Nous voyons sur la carte son maximum rester à 2 heures, de près de 10° au-dessous de celui de la terre du jardin. C'est évidemment un effet de l'évaporation qu'elle subit. Elle a évaporé 13 p. 100 de son poids d'eau dans la journée, 0,013 environ par heure. Elle a pris pour cela (environ $600^{1} \times 0,^{k}013 = 7,800$); près de 8 calories par kilogramme, c'est-à-dire la quantité de chaleur capable d'élever sa température de 8 degrés et de maintenir par conséquent son diagramme au niveau de ceux des terres sèches.

Nous verrons, en effet, que, quand les matières terreuses sont très mouillées (3° série d'observations) leurs diagrammes sont abaissés au niveau de celui des eaux.

Les *diagrammes de la nuit* montrent d'ailleurs assez clairement que les povoirs émissifs et absorbants des eaux et des terres sont à peu près les mêmes. En effet, les diagrammes des eaux qui déjà se rapprochent de ceux des terres dans la soirée par suite du ra-

1. La chaleur latente d'évaporation de l'eau aux températures ordinaires est d'environ 600 calories.

lentissement de l'évaporation, se confondent entièrement de minuit à 6 heures du matin, où l'évaporation est nulle ou remplacée par la condensation des vapeurs atmosphériques.

Ces faits importants que nous avons chaque matin constatés, prouvent clairement que le rayonnement nocturne des eaux est de même intensité que celui des matières terreuses.

On sait d'ailleurs que les pouvoirs absorbants varient dans le même ordre que les pouvoirs émissifs; on peut donc déduire aussi de ces faits que les eaux absorbent la chaleur solaire à peu près dans les mêmes proportions que les terres.

4° *Influence des matières salines sur l'échauffement et le refroidissement de l'eau.* — Nous voyons, pendant le jour, les températures de l'eau salée se maintenir de 1° à 2° au-dessus de celle de l'eau ordinaire. La présence du sel en dissolution a donc eu pour résultat d'augmenter l'échauffement au soleil, mais cet effet n'est qu'indirect, il est une conséquence de l'évaporation que l'hygroscopicité du sel a rendu moins forte. Cette évaporation fut $0^{gr},011$ par heure, de $0^{gr},002$ plus faible que celle de l'eau ordinaire; elle a donc dépensé en moins $0^{gr},002 \times 600^{c}$ ou $1,^{cal}2$ c'est-à-dire la chaleur nécessaire pour maintenir de 1°,2 en moyenne la température de l'eau salée au-dessus de celle de l'eau ordinaire, comme l'expérience le montre.

Ainsi, si les eaux salines s'échauffent plus au soleil que les eaux douces, ce n'est pas qu'elles absorbent plus de chaleur solaire, c'est surtout parce que leur évaporation est plus faible. Toutefois les deux phénomènes de l'échauffement et de l'évaporation sont solidaires; ainsi il peut arriver, et nous l'avons bien souvent constaté, que l'eau salée étant devenue plus chaude que l'eau douce, son excès de température détermine une évaporation égale et parfois même plus forte que celle de l'eau ordinaire.

5° *Échauffement et refroidissement de la terre de jardin comparés à ceux de la couche inférieure de l'atmosphère.* — *Échauffement de la terre sèche.* — Le diagramme des températures de la terre comparé à celui de l'air ambiant nous montre que vers 8 heures du matin, grâce à la radiation solaire commencée depuis le lever du soleil, la terre, refroidie par son rayonnement nocturne, a commencé à devenir plus chaude que l'air qui l'entourait.

Nous voyons sa température s'élever beaucoup plus rapidement

que celle de l'air et la dépasser de près de 15° à son maximum qui est atteint vers 2 heures de l'après-midi[1].

*Refroidissement diurne de la terre.* — A partir de cette heure, son refroidissement commence parce que son rayonnement lui fait perdre plus de chaleur qu'elle n'en reçoit du soleil; ce refroidissement, lent d'abord, s'accélère rapidement dans la soirée et vers 9 heures la terre est déjà plus froide que l'air ambiant.

*Refroidissement nocturne de la terre.* — La terre sèche privée des rayons du soleil continue son rayonnement pendant la nuit et devient en conséquence plus froide que l'air ambiant. Au minimum qui a lieu vers le lever du soleil, sa température fut, dans nos observations, d'environ 2° au-dessous de celle de l'air.

Une conséquence fréquente de l'abaissement de température de la terre au-dessous de celle de l'atmosphère est la condensation, possible en toute saison, de la vapeur d'eau atmosphérique à la surface du sol, soit apparente à l'état de rosée, soit invisible sur les matières hygroscopiques que contient la terre.

Une autre conséquence non moins importante pour la culture des plantes sensibles aux froids sont les gelées qui peuvent leur être nuisibles sinon fatales; mais qui, en revanche, peuvent être favorables à l'ameublissement des sols.

L'air qui entoure les plantes exerce sur elles par ses températures excessives une influence plus grande encore.

Il serait donc intéressant, au point de vue agricole, de rappeler les lois de refroidissement de l'air ambiant aussi bien que celles des terres elles-mêmes.

6° *Degrés d'échauffement et de refroidissement des éléments des terres. — Echauffement.* — Les diagrammes relatifs aux différents éléments des terres nous montrent très nettement que pendant tout le jour le fumier est l'élément qui s'échauffe le plus avec une différence de plus de deux degrés au-dessus des autres vers 2 heures de l'après-midi. Viennent ensuite l'argile et le sable à très peu d'intervalle l'un de l'autre (un degré à peine au maximun) et enfin le calcaire pulvérulent à une distance notable, plus de deux degrés au maximun.

1. Les températures excessives que peuvent prendre les terres arables ont souvent des conséquences graves en agriculture. Il sera donc opportun d'en rechercher les causes et aussi les moyens de les rendre favorables à la culture, ce que nous ferons en terminant ce travail.

Ces différences sont dues évidemment aux pouvoirs absorbants des divers éléments pour la radiation solaire. Le fumier et le terreau qui en provient est l'élément des terres arables qui absorbe le plus la chaleur solaire, l'argile et le sable en absorbent notamment moins et le calcaire pulvérulent beaucoup moins encore.

*Échauffement des terres bien fumées.* — Les diagrammes nous apprennent encore un fait qui paraît au premier abord assez singulier. La terre du jardin s'est échauffée plus que chacun de ses éléments, plus que le fumier lui-même en moyenne.

Il faut, suivant nous, attribuer ce fait à l'influence de la grande porosité du fumier que nous avions mis en expérience; la masse desséchée à 100° était boursouflée, peu consistante, l'air y avait assez facilement accès pour que des courants s'y établissent et y fissent baisser un peu la température, de sorte que si le fumier eût été aussi compact que les autres éléments, son échauffement eût été beaucoup plus intense que celui qu'accusait le thermomètre.

Quoiqu'il en soit, on peut conclure que la terre du jardin, contenant plus de 5 p. 100 de son poids de terreau, doit surtout à ses engrais organiques la propriété d'absorber en fortes proportions la chaleur solaire.

*Refroidissement des éléments terreux.* — Les diagrammes nous montrent que dès 5 ou 6 heures du soir les quatre éléments des terres ont le même degré de chaleur et qu'à un demi-degré près, ils conservent les mêmes températures jusqu'au lendemain vers 9 heures. Le fumier seul s'en écarte d'un degré environ vers le minimum, mais cela est dû exclusivement à sa porosité, à son état de boursouflement qui permet, dans sa masse, la circulation de l'air plus chaud que le vent y apporte.

Le pouvoir émissif des matières terreuses est donc à peu près le même; les différences ne sont pas assez sensibles pour faire varier les températures de plus de un demi-degré. Ce ne peut être la nature du terrain qui rende les gelées plus ou moins redoutables, mais seulement sa position.

La nature du terrain agit sur la rosée et plus généralement sur le dépôt des vapeurs atmosphériques, non par l'effet de son refroidissement nocturne puisqu'il est le même pour tous les éléments, mais pour le pouvoir hygroscopique spécial de chacune des matières dont il se compose.

Nous nous bornons ici à l'indication de ces résultats généraux; nous renvoyons à la seconde partie que publiera le prochain numéro des *Annales* la discussion détaillée des résultats numériques de ces observations et de celles qui les complètent, en les rapprochant des résultats que la science agronomique doit à Schübler et à de Gasparin.

---

## TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

---

### Les Bactéries, d'après les travaux de M. Cohn

RÉSUMÉ PAR M. EDM. KAYSER[1], LICENCIÉ ÈS SCIENCES.
Ancien élève de l'Institut national agronomique.

Il est de connaissance commune que les bactéries jouent dans les phénomènes chimiques et même industriels un rôle tout à fait prépondérant; il n'est pas un biologiste qui n'ait eu affaire à ces petits organismes à peine visibles aux plus forts grossissements du microscope. Mais jusqu'à présent chaque observateur a décrit les différentes bactéries qu'il voyait, sans s'occuper de la place que ces êtres occupent dans la série naturelle; il semble donc urgent pour l'uniformité des descriptions de jeter un coup d'œil sur l'ensemble de ces êtres inférieurs et d'essayer de les grouper d'après leurs caractères actuellement connus. C'est ce qu'a tenté M. Cohn, dont nous allons résumer les principales observations.

Les premières recherches suivies sur les bactéries ont été faites d'un côté par Hallier en Allemagne, de l'autre par M. Pasteur en France. Ce sont les travaux de ces deux savants qui ont servi de point de départ à tous les mémoires publiés depuis sur ce sujet; mais, c'est M. le Dr Ferdinand Cohn qui a eu le mérite de grouper méthodiquement les résultats obtenus avant lui et de continuer avec succès une série des recherches dont nous nous occuperons principalement dans ce travail.

Ce résumé aura d'autant plus d'importance, que tout le monde ne partage pas la manière de voir de M. Cohn; il existe, en effet deux théories différentes : D'après les uns, l'on doit considérer les formes, micrococcus, bacterium, bacillus, leptotrix, spirillum, monas, vibrio, etc. (noms sous lesquels M. Cohn désigne les dif-

1. Beitræge zur Biologie der Pflanzen, 1872, 1875, 1876 et 1879.

férentes espèces de bactéries) comme de simples états transitoires d'un même organisme à différentes périodes de son évolution. Cette opinion est soutenue par Ray, Lankaster, Billroth, Nægeli, Cienkowsky, Zopf.

MM. Cohn, Koch et Van Tieghem considèrent au contraire comme des êtres indépendants les formes énumérées plus haut.

M. Cohn s'est proposé tout d'abord de classer les bactéries, de fixer leur place parmi les autres organismes vivants et de les grouper suivant leur analogie; de la sorte, il substituait à l'infinie nomenclature établie par ses prédécesseurs, une classification rationnelle basée sur la loi de priorité, respectée et avec raison, dans le groupement des êtres vivants.

La distinction et la dénomination exactes de ces infiniment petits sont d'autant plus difficiles qu'il n'y a qu'un petit nombre de caractères pouvant servir de base à ce genre de déterminations. Ehrenberg et Dujardin sont les premiers qui aient essayé d'y mettre un certain ordre, mais leur classification laisse beaucoup à désirer, à cause de l'imperfection des instruments d'observation dont ils ont fait usage.

On sait que la distinction des genres chez les autres organismes se fait principalement par des différences dans le mode de reproduction; or, jusqu'à présent on n'a pu constater aucune véritable formation de spores chez les bactéries. Pour le moment, M. Cohn était obligé de procéder à l'instar des paléontologistes et de nommer genre toute forme à caractères très saillants, et dans ce genre comme espèces toutes formes différant fort peu les unes des autres.

Par là pourtant, l'auteur ne veut nullement exclure la possibilité de ramener plusieurs espèces à la même forme mère, ni même nier qu'un même individu puisse affecter des formes diverses.

Ehrenberg admettait les quatre genres suivants :

Fils rectilignes, non flexibles, *Bactérium ;*

Fils rectilignes, serpentiformes, flexibles, *Vibrion ;*

Fils en spirale, flexibles, *Spirochœta ;*

Fils en spirale non flexibles, *Spirillum.*

La classification de Dujardin ne diffère que parce qu'il n'admet que trois genres, réunissant les genres *Spirochœta* et *Spirillum* sous la même dénomination de « *Spirillum* »

Cette classification, très simple en apparence, est au contraire très difficile à mettre en pratique.

Tous les auteurs ont, ou adopté les genres de Dujardin, ou se sont servis de noms bien souvent arbitraires qui ne faisaient qu'augmenter les difficultés.

Quant aux espèces, c'est à Ehrenberg que revient l'honneur d'en avoir découvert un grand nombre et d'en avoir donné des figures assez nettes pour qu'elles puissent encore aujourd'hui servir à les distinguer.

M. Cohn admet l'existence des espèces bactériennes, parce que, même dans les circonstances les plus diverses, les plus grands de ces organismes se présentent toujours avec les mêmes caractères, sans passer par des formes intermédiaires.

*Organisation et développement des bactéries.* — Les bactéries sont des cellules sans chlorophylle, de forme sphéroïdale, oblongue ou cylindrique, quelquefois tordues ou courbées, se régénérant exclusivement par cloisonnement et végétant soit isolément soit en famille.

Les cellules bactériennes renferment un principe azoté en général incolore (protoplasma) plus réfringent que l'eau et pourvu bien souvent de grains brillants comparables à des gouttelettes d'huile.

Ce principe azoté est analogue à celui contenu dans les oscillariées incolores (Beggiatoa) qui, comme on le sait, jouissent de la faculté de décomposer les sulfates et de donner naissance à de l'hydrogène sulfuré.

D'après l'auteur ce protoplasma serait contractile et c'est à cette propriété qu'il attribue la faculté des raccourcissements ou flexions spontanés dont sont doués les fils bactériens. La réfraction différente du protoplasma et de l'eau explique également comment des bactéries en grand nombre peuvent détruire la limpidité d'un liquide et le rendre laiteux, de même que les globules butyreux fortement réfrangibles donnent l'opacité au sérum du lait; ce phénomène est d'autant plus intense que les bactéries sont plus nombreuses.

En général, le trouble dans les liquides primitivement clairs indique la présence des bactéries; pourtant, il ne faudrait pas croire que la réciproque soit vraie; c'est-à-dire liquide clair, absence de bactéries; ceci peut tenir, soit au petit nombre de bactéries, soit à ce que le pouvoir réfringent du liquide est ou égal ou plus grand (par exemple la lymphe) que celui des bactéries; dans ces cas douteux il importe d'avoir recours au microscope.

Le protoplasma étant coloré chez les bactéries à pigment, il en résulte que le trouble communiqué aux liquides sera également coloré.

Les bactéries sont entourées d'une membrane protectrice, fait démontré par leur grande résistance aux réactifs chimiques; en effet, la potasse, l'ammoniaque aussi bien que les acides sont sans action sur elles, ce qui ne peut certainement pas être attribué à l'insolubilité du protoplasma, mais à la nature de leur membrane qui est plutôt analogue à celle des champignons qu'à celle des infusoires; c'est-à-dire formée de cellulose ou d'un autre hydrate de carbone.

C'est encore grâce à cette membrane que les bactéries résistent très longtemps aux phénomènes de la putréfaction; un très fort grossissement permet même de distinguer cette enveloppe qui est tantôt flexible et tantôt rigide.

Lorsque les cellules bactériennes doublent de longueur, leur protoplasma se rétrécit suivant la ligne médiane, une sorte de cloison prend naissance et à la place de la cellule mère, on a deux cellules filles qui se comportent exactement de la même manière; ces dernières peuvent rester unies pendant un temps plus ou moins long et constituent ainsi des bactéries soit unicellulaires soit filiformes.

Celles-ci peuvent être composées de 2, 4, 6 parfois 8 membres, de sorte que leur longueur est très variable.

L'auteur insiste sur cette division et ne partage nullement la manière de voir de beaucoup d'autres observateurs d'après lesquels toutes les bactéries sans exception seraient filiformes.

Les bactéries sphériques et les bâtonnets (1re et 2e tribus de Cohn) se présentent principalement sous la forme de *Zoogloea* c'est-à-dire d'une masse gélatineuse, confuse, plus ou moins irrégulière, ramifiée, nageant dans l'eau ou se trouvant à l'état de dépôt[1].

C'est dans cette masse gélatineuse souvent visible à l'œil nu principalement le long des parois ou à la surface des liquides que l'on trouve les cellules bactériennes en plus ou moins grande quantité. Dans les solutions qui renferment du fer, ce dernier est précipité à l'état de sesquioxyde hydraté; la gelée prend alors souvent une teinte brun rougeâtre qui se colore en noir par l'hydrogène sulfuré.

1. Voy. 2e cahier, Biologie der Pflanzen, 1872, planche III, fig. 3.

L'auteur n'a jamais observé la forme *Zoogloea* dans les bactéries de ses 3^e^ et 4^e^ tribus; on rencontre ces deux tribus principalement isolées ou en essaims. Dans la forme d'essaims le contour plus ou moins sphérique est beaucoup moins nettement limité.

La formation d'essaims s'observe chez toutes les bactéries, même chez les bâtonnets et les *Spirillum*, soit dans l'intérieur des liquides, grâce à une nourriture abondante, soit à la surface, faute d'oxygène.

On trouve souvent à la surface des liquides bactériens, des pellicules excessivement minces, irisées, dans lesquelles se trouvent serrées les unes à côté des autres de nombreuses bactéries en séries longitudinales rectilignes ou courbées; on y remarque fréquemment un ordre parfaitement régulier, c'est là une troisième forme.

Ces pellicules diffèrent de la forme *Zoogloea*, parce que chez cette dernière existe une substance intra-cellulaire réunissant les différentes cellules en masses sphériques, substance qui manque complètement chez les pellicules en question (M. Pasteur a donné le nom de *Mycoderma* à ces pellicules).

Une quatrième forme est celle de dépôt pulvérulent dû à l'absence d'éléments nutritifs pour les bactéries, dans ce dépôt on trouvera les diverses sortes de bactéries primitivement suspendues au sein de la liqueur; on peut dire que beaucoup d'entr'elles n'y sont qu'à l'état latent et n'attendent que des conditions plus favorables pour continuer à vivre, comme les cellules de la levure dans un liquide ayant cessé de fermenter.

Le changement de densité des bactéries lors du passage de l'état actif à l'état latent doit être attribué à l'épaississement du protoplasma et à la formation de cellules durables.

La plupart des bactéries présentent un état mobile et un autre immobile.

Leur mouvement consiste dans une rotation autour de leur axe longitudinal, à laquelle viennent s'ajouter, pour des espèces plus grandes et plus flexibles, des extensions et des flexions longitudinales tantôt actives tantôt passives ; les mouvements serpentiformes n'existent pas; par un simple changement de rotation, elles peuvent alternativement avancer ou reculer; on ne peut pas admettre chez elles une différence morphologique entre l'avant et l'arrière. La motilité des bactéries paraît intimement liée à la présence de l'oxygène; l'absence d'oxygène entraîne le repos; parfois

on voit alterner repos et mouvement dans des intervalles très rapprochés sans aucune cause apparente.

La forme *Zoogloea* et l'état de repos sont compatibles; on n'a jamais constaté de mouvement chez les bactéries sphériques et les bactéridies (3e tribu).

La formation de spores chez les bactéries reste encore douteuse, quoique dans les masses mucilagineuses et dans les dépôts on ait constaté la présence de cellules bactériennes à contenu luisant, oléiforme et qui paraissent être des cellules durables. Il est possible que ce soient ces dernières qui donnent naissance aux bactéries pourvues de têtes et observées déjà à différentes reprises.

L'auteur divise les bactéries en quatre tribus renfermant chacune différents genres :

1re tribu. — *Sphaerobacteria* (*Bactéries sphériques*), genre I, *Micrococcus* (*char. emendatum*).

2me tribu. — *Microbacteria* (*Bâtonnets*), genre II (*Bacterium char. emend.*).

3me tribu. — *Desmobacteria* (*Bactéridies*), genre III, *Bacillus n. g.;* genre IV, *Vibrio* (*char. emend.*).

4me tribu. — *Spirobacteria* (*Bactéries en spirales*, genre V. *Spirillum Ehr.* genre VI *Spirochæta* (Ehrenberg.)

*Sphaerobacteria.* — Forme sphérique ou ovale. Les chapelets de 2, 4, 6 ou 8 membres sont très communs. On y remarque des rétrécissements qui permettent de les distinguer des bâtonnets (forme leptotrix), l'auteur appelle cette forme en chapelets, forme torula. M. Pasteur appelle ces *Sphaerobacteria*, « monades unies ou bicellulaires »; les masses gélatineuses « mycoderma »; les séries en chapelets « corpuscules en chapelets et torulacées ».

Ce sont les plus petits de tous les organismes vivants microscopiques; il faut surtout se garder de les confondre avec les précipités amorphes produits des substances organiques et inorganiques comme : carbonate de chaux, oxalate, etc.

L'auteur divise les bactéries sphériques en trois groupes : bactéries Chromogènes, Zymogènes et Pathogènes; c'est-à-dire bactéries sphériques des pigmentations, des fermentations et des contagions.

La réaction chimique des bactéries sphériques pigmentées (Chromogènes) consiste à produire dans n'importe quel milieu une réaction alcaline.

L'auteur divise de nouveau ces bactéries Chromogènes en deux

classes : celles solubles dans l'eau (ex. : micrococcus aurantiacus etc., obtenu sur des œufs cuits) et celles insolubles dans l'eau (ex. : Micrococcus lutens, observées sur les pommes de terre cuites).

Comme bactérie zymogène nous citerons le micrococcus uriæ.

Parmi les bactéries Pathogènes je citerai le Micrococcus bombycis, Micrococcus diphtéricus, Micrococcus vacciniae.

*Microbacteria* (Bâtonnets). — Cellules courtes cylindriques ou elliptiques, se multipliant par cloisonnement. Très rarement les cellules filles commencent à se diviser avant d'être séparées; en présence d'oxygène et d'une nourriture suffisante, elles sont douées de mouvements spontanés qui se changent subitement en repos et réciproquement; on ne trouve que la forme « Zoogloea. »

Dans cette tribu nous ne distinguons que le genre « Bacterium »; l'espèce la plus commune est le Bacterium termo qui apparaît le premier en nombre infini dans toutes les infusions végétales et animales et disparaît bientôt pour faire place à d'autres espèces auxquelles il sert de nourriture; il réapparaît vers la fin, lorsque l'infusion commence à devenir trop infecte pour d'autres espèces; en un mot c'est le ferment de la putréfaction.

*Desmobacteria.* — Formes allongées cylindriques se présentant soit en chaînes plus ou moins longues, soit en filaments; on ne constate pourtant pas le rétrécissement des articles que nous avons observés chez la forme Torula. On rencontre souvent la forme « Essaims » mais jamais la forme « Zoogloea ».

L'auteur y distingue deux genres : le genre « Bacillus » dont les filaments sont rectilignes et le genre « Vibrio » dont les filaments sont courbés, ou onduleux.

*Spirobacteria.* — Cette tribu se distingue du genre Vibrio de la précédente tribu, par la forme d'une véritable vis régulièrement contournée qu'affectent les fils bactériens. On a deux genres : genre Spirochaeta, vis étroitement contournée et le genre Spirillum, vis à pas plus longs.

### Place des bactéries parmi les êtres vivants.

Il n'y a pas encore bien longtemps qu'on classait les infiniment petits dans le règne animal; depuis, la plupart des naturalistes les placent dans le règne végétal, parce qu'ils présentent d'une part un lien de parenté très intime avec certaines algues; et d'autre part

avec quelques champignons; cette dernière assertion est exacte, si l'on entend sous le nom de champignons toutes les thallophytes qui manquent de chlorophylle ou d'une matière colorante équivalente et qui ne jouissent pas de la faculté de décomposer l'acide carbonique.

Les bactéries n'ont au contraire aucun rapport avec les champignons se régénérant par des basidiospores ou des ascospores; par contre se rapprochent-elles beaucoup des phycochromacées dont les cellules renferment du phycochrome (mélange de chlorophylle et de phycocyanine).

Toutefois cette manière de voir est contestée, la raison principale qui fait encore hésiter beaucoup de savants est assurément le mouvement des bactéries.

En résumé, les bactéries forment un groupe spécial d'organismes que le professeur Naegeli appelle les Schyzomicètes.

*Nutrition.* — On a cru pendant longtemps la présence du sucre absolument nécessaire, c'est le docteur Cohn qui est venu démontrer que les bactéries se multiplient bien plus vite en l'absence de sucre. Voici la solution qu'il emploie : $0^{gr},1$ de phosphate neutre de potassium, $0^{gr},1$ de sulfate de magnésie, $0^{gr},01$ de phosphate tribasique de chaux, $0^{gr},2$ de tartrate neutre d'ammoniaque, $20^{cc}$ d'eau distillée; mais de petites différences dans la composition centésimale n'ont pas grande influence; l'ammoniaque fournit l'azote, l'acide tartrique le carbone; parmi les composés carbonés, il n'y a guère que l'anhydride carbonique qui ne soit pas assimilé.

Pour expliquer comment des solutions non azotées en apparence, telles que des composés d'arsenic, du sublimé corrosif, de l'acide sulfurique, etc., et surtout du phosphate de soude, finissent par se troubler à la longue, l'auteur conclut à la condensation de l'ammoniaque aérienne dans ces corps.

« Les bactéries se multiplient d'une façon normale et en grande abondance, dès qu'elles trouvent à leur disposition les éléments des cendres nécessaires à leur développement et qu'elles peuvent prendre l'azote, soit à l'ammoniaque soit à l'urée et le carbone à quelque composé carboné. »

Les bactéries partagent donc avec les plantes vertes, la facilité d'assimiler l'azote sous la forme de combinaisons ammoniacales, ce qui les différencie des animaux; elles se rapprochent au contraire de ces derniers, parce qu'elles ne décomposent pas l'anhydride

carbonique mais prennent le carbone à quelque autre composé organique, ce qui les éloigne des plantes.

*Effets fermentescibles des Bactéries. Putréfaction.* — La putréfaction est une réaction chimique due aux fonctions physiologiques du bactérium termo, la décomposition de toute substance organique azotée est un phénomène corrélatif de la vie c'est-à-dire dû à la présence et au développement de bactéries.

On peut admettre quatre hypothèses :

1). Ou les bactéries décomposent les matières albuminoïdes en les assimilant totalement ou partiellement et par une sorte de transformation les utilisent à la formation de leurs propres cellules, à peu près comme l'animal dans l'acte digestif.

2). Ou bien les bactéries sécrètent un principe particulier qui agit à l'instar de la diastase.

3). Le rôle des bactéries peut également se trouver dans la façon dont elle se comporte vis-à-vis de l'oxygène, c'est-à-dire, les bactéries peuvent être ou réductrices ou oxydantes.

Il se peut aussi que plusieurs de ces fonctions se réalisent à la fois.

*Influence de la température.* — Une température uniforme de 60° empêche les bactéries de se reproduire ; aux environs de 0° elles prennent l'état latent, mais gardent généralement la faculté de pouvoir déterminer la fermentation en présence d'une température plus élevée.

*Recherche des bactéries dans l'air.* — Pour faire cette recherche M. Cohn a fait passer l'air, au moyen d'un aspirateur, à travers une série de petites éprouvettes, renfermant chacune 20 grammes de solution normale stérilisée dont nous avons donné la composition plus haut. On a constaté dans l'air provenant du laboratoire botanique de l'Institut de Breslau principalement des aspergillus, des pennicillium, des cellules de levure, mais en général on n'y trouvait pas de bactéries.

Il ne faudrait pourtant pas conclure à l'absence de bactéries dans l'air, plutôt faut-il admettre que les germes sont des corpuscules excessivement légers, entourés d'une membrane gélatineuse protectrice, de sorte qu'ils ne peuvent pas être retenus par l'eau et sont au contraire entraînés continuellement par les bulles d'air, comme c'est effectivement le cas avec les spores de Lycopodium. Ces recherches concordent donc parfaitement avec les expériences

de Burdon-Sanderson qui émit le premier l'idée que l'infection par des substances putréfiées ne se fait que par l'eau ou par des surfaces infectées.

Le Dr Miflet, qui a repris sous la direction de M. Cohn ces dernières expériences a constaté la présence de nombreux germes bactériens capables de se reproduire dans l'air; il y en a surtout dans l'air des cloaques, mais également un peu dans l'air provenant du sol.

L'auteur ne fait qu'effleurer la question de la relation existant entre les bactéries et les monades; on a appelé « monades » toutes ces formations d'organismes rougeâtres observés dans différentes circonstances entre autres dans l'air en putréfaction; les monades sont plus grands que les bactériens, ils sont en outre pourvus de cils leur servant d'organes locomoteurs, l'absence de ces cils chez les bactéries tient peut-être seulement à nos moyens d'observation, comme l'a déjà entrevu Ehrenberg.

L'auteur passe ensuite en revue une série de recherches qu'il a faites, sur le développement des bactéries dans des infusions diverses notamment des infusions de foin bouillies ou non bouillies, en voici les résultats :

1). Dans des liquides bouillis on ne voit jamais apparaître ni le bactérium termo, ni aucun autre organisme à l'exception des « bacillus ».

L'absence d'organismes bactériens dans les infusions bouillies est due uniquement à la destruction de leurs germes par l'ébullition et non pas, comme on pourrait le croire à la déperdition de la faculté nutritive de la solution; une température de 50°-60° suffit non pas infailliblement mais presque certainement pour tuer les êtres vivants.

2). On peut admettre qu'aussi longtemps que les spores ne sont pas imbibées d'eau et gonflées par suite de ce fait, ils peuvent être chauffés à 100° sans perdre la faculté de germer. Ce qui doit être attribué soit à leur contenu oléagineux, soit à une couche d'air adhérente à la pellicule des spores, soit encore à des propriétés particulières encore mal définies.

3). *a*). A une température de 47°-50° les bacillus se multiplient encore activement et arrivent d'une façon normale à la formation de spores et pellicules, pendant que les autres Schyzomycètes contenus dans l'infusion de foin deviennent, à pareille température, incapables de se reproduire.

*b*). Tout développement des bacillus est arrêté entre 50°-55°; il n'y a plus formation ni de spores ni de pellicules, tous les filaments sont tués, les spores au contraire conservent leur faculté germinative encore pendant au moins 17-20 heures.

Il y a même certaines espèces de bacillus qui résistent à des températures de 70°-80°.

On a constaté que le développement parfait des bacillus n'a lieu qu'en présence d'air illimité, autrement la fermentation butyrique a lieu et l'on peut admettre que ces bacillus en sont la cause.

*Influence du courant électrique.* — Voici la solution employée : 200$^{cc}$ d'eau distillée, 1$^{gr}$ de phosphate acide de potassium, 1$^{gr}$ de sulfate de magnésie, 2$^{gr}$ de tartrate neutre d'ammoniaque, et 0,1 de chlorure de calcium.

*Influence d'un courant galvanique, en solution minérale.*

1) Un élément suivant l'intensité du courant est sans effet (Daniel) ou ne produit qu'un retard (Marié-Davy) dans la multiplication des bactéries.

2). Une batterie de deux éléments énergiques stérilise complètement au bout de 12-24 heures au pôle positif, la solution nutritive.

3). Au pôle négatif la solution n'est pas complètement stérilisée mais la multiplication est limitée.

4). Les bactéries ne sont tuées ni à l'un ni à l'autre pôle, car elles prospèrent dans un autre liquide nourricier convenable.

5). Le liquide stérilisé au pôle négatif permet encore une multiplication abondante de champignons à mycélium.

6). Une batterie de cinq éléments énergiques tue complètement les bactéries au bout de 24 heures et stérilise le liquide aux deux pôles.

L'influence du courant s'explique facilement par la décomposition électrolytique du liquide nourricier.

7). Les courants d'induction sont sans aucune influence.

## Formation de l'amidon aux dépens du sucre.

PAR M. J. BŒHM[1]

La physiologie végétale doit à M. Sachs une théorie d'après laquelle l'amidon qui apparaît dans les grains de chlorophylle est un produit primitif formé uniquement à l'aide de substances inor-

1. *Ueber Stærkebildung aus Zucker.*
*Bot. Zeit.*, 1883, n$^{os}$ 3 et 4. Traduction résumée.

ganiques. M. Sachs est loin de croire, comme on a surtout interprété ses paroles, surtout peut-être en France, que l'amidon est le premier corps organique résultant de l'assimilation du carbone; il dit au contraire que probablement le grain de chlorophylle est le siège d'une série de combinaisons chimiques dont les matières inorganiques sont le début et l'amidon le résultat final. Il donne à cet amidon primitif le nom d'*autochtone* et il s'ensuit que l'amidon formé dans les grains de chlorophylle est *toujours* autochthone.

Je crois que la portée de la théorie de Sachs a été exagérée car on savait depuis longtemps que les cellules vertes, seules, forment des matières organiques et il n'est pas étonnant que ces matières apparaissent d'abord sur les lieux de production même.

J'ai à plusieurs reprises combattu la théorie de Sachs dans cette forme absolue, en maintenant qu'il peut se former de l'amidon à l'intérieur du grain de chlorophylle aux dépens de matières organiques *immigrées*.

Ce fait n'a rien qui puisse nous surprendre, car il y a une grande analogie entre le grain de chlorophylle et les corpuscules amylogènes destinés à fabriquer de l'amidon dans les organes accumulateurs, bien entendu à l'aide de matériaux organiques élaborés par les organes verts; la seule différence c'est que la chlorophylle est verte, qu'elle assimile, ce qui n'exclut en aucune façon qu'il puisse s'y développer de l'amidon non autochthone[1].

J'ai en effet prouvé péremptoirement qu'il en est ainsi dans les parties maintenues à l'obscurité de la feuille du haricot d'Espagne[2]. Je puis annoncer aujourd'hui qu'on réussit à faire développer une grande quantité d'amidon dans les grains de chlorophylle, d'une famille primordiale entière de la même plante maintenue à l'obscurité, si on a soin de laisser la feuille opposée à la lumière et qu'on ait préalablement enlevé tous les bourgeons de la plante. Il est tout naturel d'admettre que cet amidon résulte de la transformation du sucre venu d'ailleurs, opinion souvent défendue par les auteurs français contre les Allemands, mais basée uniquement sur des vues

1. Nous pouvons renvoyer ceux de nos lecteurs qui ne seraient pas familiarisés avec les nouvelles théories de l'amylagénèse à une excellente leçon de M. Heekel, publiée dans la *Revue scientifique* du 8 avril 1882. (*Note de la rédaction.*)

2. Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch., 186, p. 1804, — Versuchsstationen, 1879, t. XXIII, p. 124.

théoriques. Il est en effet invraisemblable que le carbone s'unisse directement à l'eau pour faire des hydrates de carbone.

Après avoir montré que la matière organique servant à la formation de l'amidon est du glucose, il me reste à faire voir que du sucre venant de l'extérieur, offert à la plante, peut également être transformé par celle-ci en amidon.

On peut se servir indifféremment de jeunes haricots qu'on a fait séjourner à l'obscurité pour leur faire perdre leur amidon, ou de haricots étiolés cultivés à l'obscurité. Ces jeunes plantes ou seulement des fragments de tiges ou des pétales sont couchés sur une solution de glucose ou de sucre de canne; souvent, au bout de 24 heures on peut se convaincre qu'il s'y est formé de l'amidon. La quantité de ce corps formé dépend de la concentration de la solution.

Dans les feuilles intactes l'amidon apparaît souvent plus vite, quand on se sert d'une solution concentrée, même si la concentration ne dépasse pas un quart pour cent. Mais si l'expérience dure de 8 à 15 jours on trouve les feuilles plus riches en amidon sur une solution à 20 p. 100 que sur une autre a 1,5 p. 100. Les premières sont d'ailleurs aussi riches que des feuilles exposées au soleil pendant plusieurs heures dans de l'air contenant 5 p. 100 d'acide carbonique.

On connaît quelques plantes dont les grains de chlorophylle ne renferment jamais d'amidon : ce sont entre autres *Allium*, *Asphodelus*, *Galanthus*, *Hyacinthus*, *Ornithogalum*, *Tais germanica*. Placées sur une solution sucrée à 20 p. 100, les *Allium* et *Asphodelus* n'ont pas montré d'amidon, tandis que les autres en avaient formé de grandes quantités au bout de 8 à 10 jours.

Tous ces faits confirment l'idée que la formation du glucose précède celle de l'amidon dans le grain de chlorophylle.

Depuis la chute de la théorie de l'humus, on croyait être assuré que les plantes vertes (à l'exception peut-être des parasites verts) ne sont pas capables d'absorber les matériaux organiques destinés à la construction de la paroi cellulosienne. Cela ne me paraît pas être suffisamment démontré. Toutes les parties non chlorophylliennes vivent en parasites, en empruntant leur nourriture organique aux rameaux feuillus; la capsule des mousses et un grand nombre d'embryons ne sont en rapport avec la plante-mère que d'une manière fort lâche. Il ne faut pas trop avoir confiance dans les résul-

tats négatifs qu'on a obtenus en essayant de nourrir des plantes vertes avec des corps animaux ou végétaux en putréfaction, car il est infiniment probable que chaque plante, chaque partie de plante exige une nourriture organique spéciale de même que les plantes parasites ne prospèrent pas sur n'importe quel substratum. Pour opérer scientifiquement il ne s'agit point de voir de prime abord si les végétaux et spécialement les espèces cultivées peuvent se nourrir d'humus, il s'agit d'établir nettement si une plante quelconque peut absorber et utiliser une substance propre à la construction des parois cellulaires. Or, les faits que je viens d'exposer me semblent le prouver : si des feuilles découpées, si des fragments de tiges peuvent absorber du sucre et le transformer en amidon, il y a lieu de chercher si les racines ne jouissent pas de la même propriété.

Pour me fixer à cet égard j'ai fait l'expérience suivante :

De jeunes haricots, longs de 10 centimètres et cultivés les uns dans l'eau distillée, les autres dans des solutions sucrées de 1/4 à 5 p. 100 ont été amputés de leurs bourgeons terminaux et des bourgeons axillaires des cotylédons. Ces plantes ont été divisées en deux lots : celles du premier lot ont été cultivées dans l'eau ordinaire, les autres dans des solutions sucrées. Sans exception les pieds cultivés dans l'eau ont péri avant ceux qui se trouvaient dans l'eau sucrée quoi qu'il ne fût pas possible d'empêcher les moisissures d'envahir les racines, même en renouvelant la solution tous les jours. Les feuilles de ces dernières renfermaient de l'amidon et les fibres ligneuses de la tige étaient visiblement plus épaissies que celles des plantes cultivées dans l'eau ordinaire. Il est donc certain que les racines absorbent du sucre pour le céder ensuite aux autres organes de la plante.

---

## REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

---

### Physiologie végétale.

M. MUSSET, par l'intermédiaire de M. DUCHARTRE, communique à l'Académie ses observations relatives au sélénotropisme des plantes : un grand nombre de plantes, choisies parmi les plus sensibles aux influences lumineuses, s'inclinent rapidement en pointant vers la lune, lorsqu'on les expose à l'air libre pendant une nuit bien claire (*Comptes rendus*, 5 mars).

*L'autoxydation dans la cellule végétale vivante* par M. J. REINKE[1]. — Les *Annales agronomiques* ont rendu compte du récent travail de M. GODLEWSKI[2] et dont l'une des conclusions les plus intéressantes est la séparation absolue de la respiration normale, avec absorption d'oxygène et de la respiration dite intra-moléculaire qui se substitue à la première, lorsque la plante est à l'abri de l'oxygène et pendant laquelle il se fait de l'alcool. Cette conclusion, est, en effet, très grave, car elle nous enlève la seule base sur laquelle avaient pu s'appuyer ceux qui considéraient la respiration, proprement dite, comme un dégagement de $CO^2$ suivi ou non d'une oxydation du « reste ».

M. REINKE, partant des résultats de M. GODLEWSKI, croit avec la plupart des physiologistes que les hydrates de carbone et les corps gras sont les matières premières de la respiration, mais il fait remarquer qu'une partie seulement des corps gras des végétaux consiste en glycérides, tandis que les autres sont des acides gras qui peuvent, pendant une certaine période de la germination, en s'oxydant, fournir non des hydrates de carbone (de l'amidon), mais un isomère des hydrates de carbone, l'*acide acétique*; or nous savons, nous le démontrons même par l'expérience à l'aide de champignons, que l'acide acétique s'oxyde facilement et passe à l'état d'acide carbonique en dégageant un volume de ce gaz égal à celui de l'oxygène absorbé[3].

L'auteur veut bien faire abstraction de cette complication et admettre que c'est un hydrate de carbone, par exemple du glucose qui absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique. Le nœud de la question est alors celui-ci : une solution pure de glucose n'est pas oxydée à la température ordinaire par l'oxygène indifférent de l'atmosphère, elle est au contraire totalement brûlée dans le protoplasma vivant : le temps n'est plus où le protoplasma vivant, en vrai *Deus ex machina*, expliquait tout et servait si souvent de masque à notre ignorance, nous ne pouvons pas croire que le glucose change de propriétés lorsqu'il se trouve dans une cellule vivante et il nous reste à savoir quelle est le mécanisme de l'oxydation qui se produit qui se produit dans les êtres vivants et qui n'a plus lieu quand les matières oxydables sont séparées de l'organisme auquel elles appartenaient.

Il existe, d'après SCHŒNBEIN, dans les végétaux les plus divers (jus des feuilles de Pissenlit, extrait des graines de Scorsonère, de Scolymus) une substance qui ozonise l'oxygène, qui bleuit au contact de l'air l'empois chargé d'iodure de potassium, la teinture de gayac, etc. ; les aldéhydes jouissent d'ailleurs des mêmes propriétés quand on les expose au soleil. TRAUBE dit que l'oxydation dans les tissus animaux aussi bien que végétaux se fait par l'intermédiaire d'une ou de plusieurs substances qui fixent l'oxygène pour le céder, à l'état actif, aux matières oxydables, en même temps qu'elles se rechargent d'une nouvelle quantité d'oxygène : ainsi, par exemple, le carmin d'indigo se décolore au contact du glucose, mais il absorbe aussitôt de l'oxygène en reprenant sa couleur primitive et ce phénomène se continue jusqu'à la trans-

1. Die Autoxydation in der lebendem Pflanzenzelle, *Botan. Zeitung*, 1883, n° 5 et 6.
2. Voyez, t. X, p. 37.
3. $$C^4H^4O^4 + \underbrace{8O}_{8\ \text{vol.}} = \underbrace{4CO^2}_{8\ \text{vol.}} + 4HO.$$

formation de tout le glucose, après quoi le carmin d'indigo ne paraît pas avoir changé. Les corps autoxydables (c'est ainsi qu'il appelle les corps qui s'oxydent à la température ordinaire au contact de l'oxygène libre et passif) peuvent former d'après SCHÖNBEIN, du bioxyde d'hydrogène, lorsqu'ils s'oxydent en présence de l'eau. Traube s'élève contre l'opinion commune que ce dernier corps résulte de l'oxydation de l'eau ; il croit au contraire qu'il ne peut se former que par un phénomène de réduction. Il interprète, par exemple, de la manière suivante, la réaction qui se produit lorsqu'il y a contact entre le zinc, l'eau et l'oxygène :

$$Zn + 2(OH^2) + O^2 = Zn \left\{ \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} \right. + H^2O^2.$$

Deux atomes de l'hydrogène de l'eau vont réduire la molécule de l'oxygène indifférent, tandis que l'atome d'oxygène de l'eau s'unit au zinc. Ce n'est que dans une seconde phase que la molécule de bioxyde d'hydrogène se dédouble en deux hydroxyles, que donnent avec le zinc une nouvelle molécule d'hydroxyle de zinc. Généralisant ces idées, TRAUBE admet que tous les corps autoxydables, à l'exception du phosphore qui fait réellement de l'ozone, se comportent comme le zinc, c'est-à-dire qu'ils décomposent l'eau et que tout l'oxygène libre engagé dans la réaction, se transforme en bioxyde d'hydrogène sans dédoubler sa molécule.

L'auteur cite encore les opinions de HOPPE-SEYLER, de NŒGELI, de SCHMIEDEBERG et d'autres, dont nous ne pouvons reproduire ici que les tendances générales sous une forme aphoristique [1].

1° SCHÖNBEIN admet qu'il se forme de l'ozone dans les organismes.

2° TRAUBE croit à l'existence de ferments d'oxydation qui tantôt fixent, tantôt abandonnent de l'oxygène.

3° HOPPE-SEYLER pense que l'oxygène naissant réduit la molécule d'oxygène et la ramène à l'état d'oxygène atomique.

4° NAGELI fait intervenir l'action mécanique du protoplasma qui aurait le pouvoir de réduire les matières oxydables et l'oxygène lui-même à un état *labile*.

5° SCHMIEDEBERG ne parle pas de l'oxygène activé et croit que l'oxydation est une synthèse avec dégagement d'eau.

6° REINKE croit que l'oxygène est activé par les corps fortement réducteurs

1. Voyez : *Schönbein*, Verhandl. der naturf. Gesellsch. in Basel, t. V, p. 1. — *Journal für praktische Chemie*, t. CV, p. 198. — Zeitschrift für Biologie, t. III, p. 325.

*Traube*, Theorie der Fermentwirkungen. Berlin, 1858. — Berichte der deutsch. chem. Gesellsch., t. XV, p. 659, 662, 2421.

*Hoppe-Seyler*, Physiologische Chemie, t. IV, p. 838, avec un historique de la question et un aperçu bibliographique. Medic. chem. Untersuchungen, 1866, p. 133. — Pflüger's Archiv, t. XII, p. 1, 1876. — Zeitschrift für physiol. Chemie, t. II, p. 1, 1878.

*Schmiedeberg*, Arch. für exper. Pathologie « Pharmacologie », t. XIV, p. 288, 1881.

*Radziszewski*, Liebig's Annalen, t. CCIII, p. 305.

Voyez également les travaux antérieurs de M. *Reinke* qui ont été résumés dans les *Annales agronomiques*.

appartenant probablement à la série aromatique, de la même manière qu'il le serait, d'après HOPPE-SEYLER, par l'hydrogène à l'état naissant.

7° NENKI et SIEBER sont à peu près du même avis mais ils admettent que ce corps oxydable n'est autre que l'albumine vivante.

On se rappelle que M. REINKE a décrit quelques substances autoxydables, mais surtout une, qu'il a réussi à isoler, le rhodogène, et qu'il a tiré de la betterave [1]; cette matière, incolore à l'état primitif, se colore rapidement en rouge pourpre à l'air. Il est possible que les matières tanniques appartiennent également à cette catégorie.

M. REINKE pense que les recherches de TRAUBE pourraient bien nous donner la clef de l'oxydation physiologique et il pose les trois principes suivants qui permettent de ramener les faits observés à des phénomènes chimiques intelligibles :

1° Dans chaque cellule vivante il se forme des corps oxydables, c'est-à-dire des corps qui s'oxydent à basse température en décomposant l'eau, en même temps que de l'oxygène indifférent de l'air est absorbé ;

2° Pendant cette oxydation, il se développe du bioxyde d'hydrogène;

3° Le bioxyde d'hydrogène est un oxydant aussi énergique que l'oxygène atomique, lorsqu'il est uni à la diastase ou peut-être aussi à d'autres ferments [2].

## Physiologie animale.

M. REISET, au sujet d'un travail récemment publié à Vienne par MM. SEEGEN et NOWAK, rappelle à l'Académie ses recherches de 1868 sur la respiration des animaux d'une ferme (*Annales de Chimie et de Phys.*, 3e série, t. LXIX). Dans ces expériences, M. REISET a constaté que la respiration s'accomplit avec exhalaison d'azote et dégagement d'hydrogène protocarboné. Les porcs seuls paraissent ne donner lieu à aucun dégagement de gaz.

M. PETTENKOFFER a vivement critiqué ce travail; MM. SEEGEN et NOWAK arrivent, à la suite d'une longue série de recherches sur le même sujet, à des conclusions identiques à celles de M. Reiset : les animaux éliminent constamment de l'azote à l'état gazeux, dans une proportion qui varie de 0gr,004 à 0gr,009 par heure et par kilogramme de poids vif (*Comptes rendus*, 26 février 1883).

M. CHAUVEAU a étudié l'action de la chaleur sur les microbes virulents : la méthode qui réussit le mieux pour atténuer rapidement les cultures consiste à soumettre d'abord les liquides ensemencés à une température de 42-43°, comme dans la méthode PASTEUR, mais au lieu de garder les matras pendant douze à treize jours dans le thermostat, on les en retire après vingt heures environ pour les soumettre alors à une température de 47°. L'altération est, dans ces conditions, extrêmement rapide : un liquide ensemencé primitivement avec du sang charbonneux n'est plus sûrement mortel après deux heures de

1. *Annales agron.*, t. VIII, p. 477.

2. Le bioxyde de l'hydrogène est loin d'être un oxydant aussi énergique que l'ozone, mais la diastase en augmente beaucoup le pouvoir oxydant : Schönbein fait à ce sujet l'expérience suivante : lorsqu'on ajoute de l'eau oxygénée à la teinture de gaïac on n'obtient pas de coloration bleue, mais une trace d'extrait de malt provoque immédiatement le bleuissement.

ce régime. Trois heures de chauffe suffisent pour que les microbes aient perdu toute virulence, bien qu'ils aient conservé toute leur faculté prolifique.

La production des spores ne s'effectue pas à cette haute température de 47°, mais elle a lieu si on abaisse la température jusqu'à 32-35°, d'autant moins rapidement que la durée de la chauffe à 47° a été plus longue. Ces spores donnent des cultures en apparence identiques à celles de première génération, mais qui s'en distinguent par une virulence moindre : les moutons, notamment, résistent presque toujours à leur inoculation, et sont alors absolument prémunis contre toute infection charbonneuse fraîche. Ces spores de culture sont enfin succeptibles d'être atténués par la chaleur, tandis que les spores ordinaires résistent, sans être atteints dans aucune de leurs propriétés physiologiques, à une température de 80° soutenue pendant une heure ou même une heure et demie.

« L'influence atténuante du chauffage des cultures n'est donc point seulement passagère, puisqu'elle peut se transmettre, dans une certaine mesure, lorsque ces cultures reprennent le cours de leur évolution, aux spores nées du protoplasma des filaments et des bâtonnets qui ont subi l'action de la chaleur. » (*Comptes rendus*, 26 février - 5 mars.)

La présence de l'oxygène de l'air ne paraît pas intervenir dans l'atténuation des virus par la chaleur : au contraire, privés de ce gaz, les bacilli opposent une résistance moins grande à l'action de cet agent (*Comptes rendus*, 12 mars.)

## Chimie physiologique.

M. Reiset a eu occasion d'étudier la maladie dite lait bleu, qui se manifeste quelquefois spontanément sur les produits des laiteries. Cette coloration, attribuée dans le pays de Caux à l'influence des maléfices, est souvent aussi intense que celle de l'indigo ou du bleu de Prusse; elle est due à une pellicule mycodermique qui peut se propager par voie d'ensemencement : on y distingue un enchevêtrement de bactéries et de matières grasses quelquefois cristallines (acides gras). La matière colorante bleue n'est pas modifiée par les acides, ce qui la distingue des pigments observés sur la pomme de terre par Schrœtter et de la pyocyanine de Fordos qui, comme le tournesol, virent au rouge par ces réactifs.

Le remède proposé par M. Reiset consiste à maintenir dans la laiterie la propreté la plus scrupuleuse. Si, malgré tous les soins, l'invasion persistait, on en aurait facilement raison en ajoutant au lait un demi-gramme d'acide acétique monohydraté par litre.

M. Reiset fait observer en passant que le lait normal a une réaction très légèrement acide et non pas alcaline comme on l'enseigne d'ordinaire (*Comptes rendus*, 13-19 mars).

M. Pasteur présente à l'Académie, au nom de M. Cochin, quelques observations nouvelles relatives à la levure de bière. Cultivée au contact de l'air, la levûre perd peu à peu son pouvoir ferment, et le sucre ne donne plus à son contact que de faibles quantités d'alcool : il paraît résulter de là que l'action de l'air atténue les ferments comme elle atténue les virus : cela paraît d'autant

plus probable que ces levures hautes gardent leur atténuation pendant quelques générations successives (*Comptes rendus*, 26 mars).

## Phylloxéra.

M. Caleron résume les expériences qu'il a entreprises à l'aide du sulfocarbonate de potassium : il en déduit les conclusions pratiques suivantes :

« De novembre à avril, employer pour le traitement de 90 à 100 grammes de sulfocarbonate par souche (70 grammes seulement pour les vignes jeunes), sans ajouter d'eau pure après la solution sulfocarbonatée ; dans les traitements de juillet et d'août, réduire d'un tiers le sulfocarbonate, enfin, pour les taches découvertes en été, faire deux traitements à huit ou dix jours de distance, à dose réduite de un tiers, le second étant destiné à faire périr les insectes nés des œufs que le premier traitement avait épargnés. » (*Comptes rendus*, 5 mars.)

## Chimie analytique.

*Analyses des vins fraudés par l'acide sulfurique*, par M. le Dr. P. Ferrari. L'addition de l'acide sulfurique au vin a surtout pour but de modifier sa couleur, il paraît agir plus efficacement que le plâtre qui exerce une action si marquée sur les vins des régions méridionales.

Le procédé proposé par l'auteur pour reconnaître l'addition d'acide sulfurique libre est le suivant : 20cc du vin soupçonné d'être additionné d'acide sulfurique sont additionnés de 40cc d'un mélange à volumes égaux d'alcool et d'éther ; on agite fortement à diverses reprises dans un petit flacon de 80cc environ. On laisse reposer vingt-quatre heures, il se forme un léger précipité, on jette le liquide sur un filtre déjà lavé à l'alcool et à l'éther, on laisse seulement quelques centimètres cubes de liquide au-dessus du précipité, on ajoute une nouvelle quantité d'alcool et d'éther jusqu'à disparition de toute réaction acide.

Le précipité est formé exclusivement de sulfates neutres, on dissout dans l'eau chaude celui qui est resté dans le flacon et celui qui a été retenu par le filtre et on y dose l'acide sulfurique par le chlorure de baryum.

On distille le liquide pour séparer l'alcool et l'éther et on y dose l'acide sulfurique. Celui-ci appartient pour une part à l'acide des bisulfates qui ont été décomposés par le mélange d'alcool et d'éther et amenés à l'état de sulfates neutres, on ne devra donc considérer comme acide libre que la différence entre l'acide trouvé dans le liquide alcoolique et éthéré, et celui qu'on avait trouvé à l'état de sulfate neutre ; en effet l'acide des bisulfates est égal à celui qui a été dosé à l'état de sulfate neutre.

On a trouvé par exemple 0gr,0113 d'acide sulfurique dans les sulfates neutres, les bisulfates renfermaient donc $0^{gr},0113 \times 2 = 0^{gr},0226$ d'acide sulfurique, or comme on a trouvé 0gr,0387 d'acide sulfurique total, on a comme acide libre $0^{gr},0387 - 0^{gr},0226 = 0^{gr},0161$.

L'auteur après avoir donné la composition des cendres d'un grand nombre d'échantillons de vins de la province de Pise termine son mémoire par les conclusions suivantes :

« A l'aide du procédé précédent, si on rencontre dans le vin examiné de

l'acide libre, on peu savoir en quelle quantité il a été ajouté. Mais si on ne rencontre pas dans le vin d'acide libre, il est nécessaire de comparer l'analyse du vin suspect à celle que fournissent les vins naturels de la même localité. Si la quantité est notable, il devient certain qu'une cause extérieure a exagéré la proportion d'acide du vin, mais il reste à déterminer si c'est une cause fortuite, mauvais lavage des tonneaux soufrés, ou addition frauduleuse, et il faudrait savoir si la quantité trouvée est susceptible de communiquer au liquide des qualités fâcheuses pour la santé publique. »

Malheureusement, on ignore quelle est la limite au-dessus de laquelle le vin devient dangereux, de telle sorte que le mieux est d'accepter le chiffre admis par le gouvernement français, de 2 grammes de sulfate par litre. Toutefois ce règlement laisse une incertitude puisqu'il ne spécifie pas s'il faut entendre un sulfate neutre ou acide, et il semble qu'il serait plus précis de dire que le vin peut contenir sans être poursuivi 0gr,816 de $SO^3$ par litre correspondant à 1 gramme d'acide $SO^3HO$.

Il est même probable qu'une quantité semblable est encore considérable et qu'elle ne sera guère atteinte que lorsqu'il y aura eu fraude par l'acide sulfurique ajouté directement ou par un plâtrage sur une large échelle. *(L'Agricoltura italiana*, VIII, 1882.)

## Agriculture.

*Monographie de l'olivier*, par Cr. Caruso. — Le savant professeur de Pise réunit sous ce titre toutes les connaissances relatives à l'olivier, en y joignant un résumé de ses nombreuses observations personnelles.

L'importance de cette culture arbustive est d'autant plus grande, qu'elle permet d'utiliser des terres pauvres et sans eau; elle récompense avec usure les soins qu'on lui donne ; et les besoins toujours croissants de l'industrie, l'extension des voies de communication, lui font un avenir des plus brillants.

L'olivier est un arbre des climats maritimes; il souffre des excès de température et des excès d'humidité. C'est sur les collines, et à mi-hauteur, qu'il se plaît le mieux. La température minima ne doit pas être inférieure à — 7°. C'est en mars que l'olivier commence à bourgeonner, alors que l'air est à 10 ou 11°. Il fleurit en mai, à une température moyenne de 18 à 19°, et quand la plante a subi l'action d'une somme de 1300°, depuis le commencement de sa végétation.

La fructification se fait en juin, sous l'influence d'une température moyenne de 21 à 22°; la quantité de chaleur reçue est de 1 900 à 2 000°. La maturation, depuis la floraison, c'est-à-dire depuis la fin de mai demande 3978°.

C'est donc, pour la végétation toute entière, jusqu'à cette époque, un minimum de 5278° à 5378°. Ce minimum doit être atteint en 6 ou 7 mois, avant que les premiers froids de l'automne ne se fassent sentir.

La rusticité est d'autant plus grande que la ramification des bourgeons est moins développée et que la drupe persiste plus longtemps. La forme et la grosseur de l'olive et du noyau n'influent pas sur le rendement en huile; un indice meilleur pour ce rendement est fourni par l'épaisseur et le poids du mésocarpe ; toutefois, il n'y a pas proportionnalité, car l'eau peut être plus ou moins abondante.

L'olivier exige une certaine abondance d''engrais c'est la condition néces-

saire au maintien de sa prospérité et de sa fécondité; sans engrais, les années de pleine fructification deviennent rares, et la culture peu rémunératrice.

Il suffit d'ailleurs de restituer au sol les résidus de la fabrication de l'huile, et le bois provenant des émondages. On ne peut déduire la nature de l'engrais à employer, de la composition des cendres, car beaucoup de circonstances la font varier. Le plus sûr criterium est la perte que l'olivier subit chaque année en fruits, feuilles, et bois; elle peut s'évaluer comme suit :

| | | |
|---|---|---|
| Fruits........ ................ | par arbre.................. | 7k.480 |
| | par hectare................ | 3360k.000 |
| Feuilles enlevées par l'émondage | par arbre.................. | 0k.590 |
| | par hectare................ | 265k.500 |
| Bois........ ................. | par arbre.................. | 3k.43859 |
| | par hectare ................ | 1547k.3645 |

Les quantités d'azote, de potasse, et d'acide phosphorique qui y correspondent sont :

| | Par arbre. | Par hectare. |
|---|---|---|
| Azote............ .. ...... ...... | 0k.06470828 | 29k.118726 |
| Potasse.......................... | 0.043329065 | 19.49807925 |
| Acide phosphorique... ........... | 0. 01487359 | 6.6931155 |

Si les engrais sont rares on alternera la fumure avec une culture de légumineuses ou de crucifères.

L'exploitation se fait, soit par faire valoir direct, *a mano*, comme on dit en Toscane; soit par colons. Une métairie, aux environs de Pise, se compose ordinairement de 2 parcelles d'égale étendue : — l'une est close; l'autre est cultivée en bois. La parcelle plantée d'oliviers mesure 2 à 3 hectares; au milieu, dans les points les moins ombragés, il y a 1/18 à 1/15 d'hectare, en vignes; exceptionnellement, leur étendue s'élève à 1/5 d'hectare. Elles sont en treilles ou en échalas.

On entretient 18 moutons par hectare d'oliviers; on les garde à la ferme, en paturage et stabulation, pendant 10 mois de l'année; on les envoie à l'Apennin pendant 2 mois. On achète pour eux 100 à 200 francs de fourrages, suivant que la ferme porte ou non des lupins. Il y a environ 450 oliviers à l'hectare; on les fume, tous les trois ans, à raison de 63 à 72 kil. en moyenne par arbre : soit 9450 à 10800 kil. par hectare et par an; on emploie du fumier de mouton mélangé à de la litière qu'on tire de bois obtenus de la haute futaie, associée à du taillis. La futaie est surtout formée par des pins.

Le secret de la culture intensive de l'olivier réside dans l'élevage du mouton, c'est la machine productrice du fumier. Il fait valoir la partie plantée au bois, qui est la moins productive. Il offre le moyen d'accroître de beaucoup le revenu de la métairie. Du reste, il n'est à sa place que dans l'exploitation par métayage.

D'un troupeau de 40 moutons, on a pu tirer de 224 fr,25, non compris l'intérêt du capital (600fr); soit, 5fr,606 par tête; ou 35,037 pour cent du capital.

L'exploitation directe est moins avantageuse que le métayage, dans lequel les fruits sont partagés par moitié entre le colon et le propriétaire.

*Le Gérant:* G. MASSON.

Imprimeries réunies, B, Puteaux

CULTURES DU CHAMP D'EXPÉRIENCES

# DE LA STATION AGRONOMIQUE DE LA SOMME

PAR

M. A. NANTIER

Directeur.

### Disposition du champ d'expériences.

Nous avons choisi notre champ dans une terre de fertilité moyenne et aussi homogène que possible; il est formé par le bief à silex que l'on rencontre sur un grand nombre de points de notre département.

Cinquante parcelles d'un are ont été tracées et séparées par des chemins d'un mètre de largeur; dès le début, avant qu'aucun travail ne fût commencé, nous avons prélevé un échantillon moyen de notre terre et en avons fait l'analyse, laquelle nous a donné la composition suivante :

*Analyse mécanique du sol du champ d'expériences.*

| | | |
|---|---|---|
| Cailloux gros [1] | 25.65 | 29.40 |
| — moyens | 2.15 | |
| — petits | 1.60 | |
| Terre fine | | 70.60 |
| | | 100.00 |

*Analyse chimique de la terre fine séchée à l'air.*

| | | grammes. |
|---|---|---|
| Eau à 100° | par kilogramme. | 69.30 |
| Azote total | | 2.03 |
| Acide phosphorique total | | 2.52 |
| Carbone des matières organiques | | 6.37 |
| Matière humiques correspondantes | | 10.63 |
| Potasse | | 0.96 |
| Chaux | | 59.70 |

Nous avons dit que notre terre était d'une fertilité moyenne et

1. Les gros cailloux sont ceux qui ne passent pas au travers des mailles de 5 millimètres de côté; les moyens, au travers de celles de 3 millimètres; les petits de celles de 1 millimètre : enfin on compte comme terre fine tout ce qui passe au tamis de 1 millimètre.

cependant la composition ci-dessus est celle d'une bonne terre; l'analyse semble donc être en contradiction avec les faits.

Ce cas particulier de richesse apparente indiquée par l'analyse centésimale se présentant assez souvent, nous ne pouvons le laisser passer sans insister sur les causes qui rendent notre terre médiocre, tout en ayant une composition analogue à celle des sols riches.

Pour avoir une idée de la fertilité d'un sol, il ne suffit pas, en effet, de considérer sa composition centésimale; il faut aussi examiner quelle est la quantité totale de matières fertilisantes, que ce sol peut mettre, dans un temps plus ou moins éloigné, à la disposition des plantes qu'il portera.

Or, si nous recherchons quelle est la quantité de principes utiles que notre sol contient à l'hectare, nous voyons qu'elle dépasse à peine 2800 kilogrammes pour l'acide phosphorique et 2260 kilogrammes pour l'azote[1] et cela parce que notre sol ne présente qu'une profondeur de $0^m,15$.

Ces quantités sont en effet le tiers de ce que contiennent les terres ayant une composition analogue à la nôtre mais qui ont aussi, le plus généralement, une profondeur au moins triple de celle de la couche arable de notre champ. On peut prendre comme exemple la terre du champ d'expériences de Grignon, qui possède à très peu près la même composition centésimale que la nôtre, mais qui ayant une profondeur de $0^m,60$, peut fournir aux récoltes, non plus 2804 kilogrammes d'acide phosphorique et 2260 kilogrammes d'azote, mais bien sensiblement quatre fois plus; exactement, 11 216 kilogrammes d'azote et 9040 kilogrammes d'acide phosphorique.

D'ailleurs, déjà depuis longtemps mon savant professeur, M. Dehérain a fait remarquer l'importance de cette considération par l'analyse comparée des terres noires de Russie[2]. C'est là, nous

1. $2804^k = 10\,000^m \times 0^m,15 \times \frac{70}{100} \times 1,060 \times \frac{2\,03}{1000}$

10 000 surface du champ.

0,15, profondeur de la couche arable.

$\frac{70}{100}$, profondeur de terre fine.

1,060, densité de la terre.

$\frac{2.03}{1000}$, proportion d'azote par kilogramme

2. *Bulletin de la Société chimique*, 1862, p. 8

croyons, la principale cause de l'infériorité du sol sur lequel nous opérons.

### Culture de la pomme de terre.

Jusqu'ici, le plus grand nombre des agriculteurs du département cultivaient principalement les deux variétés Saucisse et Chardon; la première à cause de sa bonne qualité, la seconde pour son grand rendement. Depuis quelques temps cependant, quelques-uns d'entre eux ont porté leur choix sur la variété Champion et en ont été pleinement satisfaits.

Devant ces divergences d'opinions nous avons cru répondre à un besoin de la pratique, en recherchant quelle était, pour notre région, la meilleure de ces variétés à employer en grande culture.

A cet effet, nous avons cultivé comparativement les variétés Champion, Snewflake, Early-rose, Merveille d'Amérique et Saucisse; seules, les deux premières ont reçu différents engrais, les autres ont servi seulement à la détermination de la valeur des variétés.

### Comparaison des variétés.

Nous avons pris comme terme de comparaison les récoltes obtenues sur les parcelles n'ayant reçu aucun engrais (*témoins*), afin que l'influence plus ou moins grande de ces derniers sur telle ou telle variété ne vînt pas fausser l'interprétation.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

TABLEAU I. — RÉCOLTES A L'HECTARE SUR LES PARCELLES SANS ENGRAIS.

| VARIÉTÉS. | TUBERCULES sains à l'hectare. | QUANTITÉ de semence. | RAPPORT de la semence à la récolte. | TUBERCULES. GROS. | PETITS. | GATÉS. | VALEUR de la récolte à 10 fr. les 100 kil. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Saucisse | 2600 | 1000k | 2.60 | 1740 | 860 | 660 | 260.00 |
| Snewflake | 2858 | | 2.85 | 1608 | 1250 | 142 | 285.80 |
| Early-rose | 4200 | | 4.20 | 2500 | 1700 | 100 | 420.00 |
| Merv. d'Amér. | 5200 | | 5.20 | 3800 | 1400 | 1400 | 520.00 |
| Champion | 11800 | | 11.80 | 9100 | 2600 | 100 | 1180.00 |

Nous pouvons remarquer, tout d'abord, combien nos récoltes sont

faibles. Ce rendement inférieur provient, évidemment, des conditions climatériques particulièrement mauvaises de l'année.

Nous voyons, en effet, d'après le résumé des observations pluviométriques faites à la station (tableau II), que la quantité d'eau tombée

TABLEAU II.

| | QUANTITÉ D'EAU TOMBÉE en millimètres. | NOMBRE DE JOURS de pluie. |
|---|---|---|
| Mai.................................. | 62.05 | 12 |
| Juin.................................. | 91.40 | 19 |
| Juillet.................................. | 101.65 | 16 |
| Août.................................. | 88.50 | 14 |
| Septembre........ .................. | 67.30 | 16 |
| Totaux................ | 410.90 | 77 |
| Moyennes des trois années précédentes.. | 382.10 | 47 |

en 1882 pendant les mois de végétation de la pomme de terre a été supérieure d'environ un sixième à la moyenne des années précédentes. Mais cette période a été encore plus nettement caractérisée par le nombre considérable de jours de pluie lequel est exactement la moitié du nombre de jours écoulés et dépasse de trente jours la moyenne.

Ces conditions sont éminemment mauvaises pour la pomme de terre qui, se trouvant ainsi dans un sol continuellement saturé d'eau, s'est gâtée dès le début. C'est ainsi que nous voyons pour la Merveille d'Amérique, que le poids des tubercules gâtés atteint le quart du poids de la récolte totale.

Les variétés, quant au poids total de la récolte, se classent dans l'ordre où nous les avons inscrites dans le tableau I.

La pomme de terre Saucisse, qui nous a donné la plus faible récolte, a été en effet la première atteinte par le « péronospora infectans », auquel d'ailleurs elle a fort mal résisté; aussi, le poids de ses tubercules gâtés, atteint-il le cinquième du poids total. Nous pouvons ajouter qu'aux environs d'Amiens où cette variété est généralement cultivée, certains cultivateurs ont dû rejeter plus de la

moitié de leur récolte; ce dernier fait confirmant nos résultats, nous pensons donc qu'il est onéreux de cultiver cette variété dont la qualité ne compense nullement le peu de rusticité.

La Snewflake, qui vient ensuite, nous avait donné tout d'abord les plus belles espérances; mais aussitôt après la formation des premières feuilles, sa tige a cessé de croître régulièrement et ses feuilles quoique bien vertes, sont restées petites; si bien qu'au moment de la floraison son développement foliacé était certainement inférieur, au dixième de celui de la variété Champion. Aussi, bien qu'elle ait donné souvent de meilleures récoltes et que sa qualité soit bonne, nous ne pensons pas qu'elle soit assez robuste pour la grande culture.

L'Early-rose, qui a cependant donné une récolte assez faible, semble se recommander par sa précocité et, comme nous le verrons plus loin, par sa richesse. Elle a été récoltée dès le commencement d'août, tandis que les autres variétés n'ont pu l'être que vers le milieu d'octobre; c'est-à-dire deux mois après.

La Merveille d'Amérique bien qu'occupant le deuxième rang ne nous paraît pas très recommandable, à cause de son peu de rusticité. Déjà au moment de la récolte il y avait plus du quart du poids total de tubercules gâtés et nous pouvons ajouter qu'aujourd'hui, après avoir été conservée dans des conditions convenables, presque tous les tubercules sont atteints; elle nous a semblé en outre de qualité médiocre.

Quant à la Champion, elle se place nettement en première ligne et pour la récolte totale et pour la rusticité; c'est elle qui a été atteinte la dernière par le péronospora et elle a vaillamment lutté contre son envahissement; en effet le poids des tubercules gâtés n'est que de 100 kilogrammes, soit moins du centième du poids total et depuis la récolte, elle s'est fort bien conservée.

De plus, si nous comparons sa composition avec celle des autres variétés, nous voyons encore qu'elle est de beaucoup la plus riche en matière sèche et qu'elle contient la plus forte proportion d'amidon ainsi que le montre le tableau suivant; ajoutons encore qu'elle est de bonne qualité, très farineuse et agréable au goût.

D'après ces analyses, on voit en effet que la Champion est à poids égal la plus riche des cinq variétés avec 30,77 de matière sèche et 19,03 d'amidon; puis viennent ensuite les variétés Early-rose et Snewflake qui diffèrent peu de la précédente; enfin la Merveille

d'Amérique et la Saucisse dont la teneur n'est plus que de 24 de matière sèche et 14 d'amidon.

COMPOSITIONS CENTÉSIMALES.

| VARIÉTÉS. | EAU. | AMIDON. | MATIÈRE SÈCHE. |
|---|---|---|---|
| Saucisse. .................... | 75.40 | 14.50 | 24.60 |
| Merveille d'Amérique.......... | 77.34 | 14.63 | 22.66 |
| Snewflake..... ....... ....... | 74.22 | 18.91 | 25.78 |
| Early-rose.... ................ | 73.82 | 17.50 | 26.18 |
| Champion.................... | 69.23 | 19.08 | 30.77 |

Mais pour le cultivateur, il est surtout intéressant de connaître la quantité de principes utiles produits à l'hectare, c'est ce que nous avons calculé dans le second tableau.

| VARIÉTÉS. | MATIÈRE SÈCHE A L'HECTARE. | AMIDON A L'HECTARE. |
|---|---|---|
| | kil. | kil. |
| Saucisse......................... | 639 | 377 |
| Snewflake.. ............. ....... | 731 | 540 |
| Early rose.................. ..... | 1099 | 693 |
| Merveille d'Amérique . .......... | 1178 | 760 |
| Champion.................. ... . | 3630 | 2224 |

La pomme de terre Champion occupe encore le premier rang, puis viennent la Merveille d'Amérique et l'Early-rose, enfin la Snewflake et la Saucisse qui donnent à peine une récolte égale au cinquième de celle de la Champion.

Il ressort donc nettement de ces essais que, parmi les variétés que nous avons cultivées, la Champion est de beaucoup préférable. C'est elle, en effet, qui nous a donné la plus forte récolte avec le moins de tubercules gâtés, sa richesse en amidon et en matière sèche est la plus grande, elle est donc bien la plus rustique et la plus productive et comme substance alimentaire et comme matière industrielle.

L'Early-rose, vu sa précocité et sa richesse, pourrait être cultivée avantageusement et, en donnant une récolte hâtive, procurer des avantages sérieux.

Quant aux autres variétés, elles ne paraissent ni assez productives, ni assez robustes, pour que le cultivateur fixe son choix sur elles, la Merveille d'Amérique, par exemple, bien qu'ayant donné une assez forte récolte, ne nous semble nullement recommandable.

Enfin, la Saucisse, malgré sa bonne qualité, a le grave défaut d'être atteinte facilement par la maladie et de donner de faibles récoltes.

### Influence des engrais.

Les engrais que nous avons expérimentés ont été distribués de telle façon, que les parcelles reçussent la même quantité de principes fertilisants ou que ces quantités fussent en rapport simple. Ainsi les parcelles ayant reçu du fumier ou de la tourbe ont eu chacune 140 kilogrammes d'azote à l'hectare, celles au sulfate d'ammoniaque et au nitrate de soude 70 kilogrammes.

Tous les carrés sur lesquels les phosphates ont été distribués ont eu 60 kilogrammes d'acide phosphorique; enfin, la dernière par-

POMMES DE TERRE, VARIÉTÉ SNEWFLAKE

*Récoltes à l'hectare*

| NATURE des ENGRAIS | ENGRAIS distribués A L'HECTARE | PRINCIPES FERTILISANTS | | RÉCOLTES TOTALES | TUBERCULES | | | VALEUR de la RÉCOLTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | GROS | PETITS | GATÉS | |
| | kil. | kil. | | kil. | kil. | kil. | kil. | fr. c. |
| Témoin | » | | » | 3000 | 1608 | 1250 | 142 | 285 80 |
| Fumier | 35.000 | Az. | 140 | 2856 | 1466 | 1230 | 160 | 269 60 |
| Tourbe | 12.500 | Az. | 140 | 3440 | 2410 | 990 | 40 | 340 » |
| Nitrate de soude | 450 | Az. | 70 | 3300 | 2000 | 1010 | 290 | 301 » |
| Sulfate d'ammoniaque | 366 | Az. | 70 | 3040 | 1910 | 1030 | 10 | 94 » |
| Phosphate naturel | 370 | $Po^5$ | 60 | 2750 | 2100 | 590 | 60 | 269 » |
| Phosphate précipité | 300 | $Po^5$ | 60 | 4040 | 3554 | 470 | 16 | 402 40 |
| Superphosphate | 400 | $Po^5$ | 60 | 4090 | 3380 | 608 | 96 | 399 40 |
| Salins | 100 | Ko | 45 | 2408 | 1450 | 908 | 40 | 36 80 |

celle a reçu 40 kilogrammes de potasse sous forme de salins. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau précédent.

Les engrais azotés ont produit peu d'effet, les excédents de récolte qu'ils ont fournis sont loin de compenser la dépense d'engrais; et encore, pour la tourbe, nous craignons beaucoup que le gain qu'elle a fourni ne soit dû à une cause fortuite, son action ayant été nulle sur les autres plantes que nous avons cultivées cette année; de nombreux essais ont déjà malheureusement montré que son azote n'était pas directement assimilable[1]. Quant aux engrais solubles, nitrate de soude et sulfate d'ammoniaque, leur peu d'action est dû fort probablement à ce qu'ils ont été rapidement entraînés par les nombreuses pluies qui n'ont cessé de se succéder pendant tout le printemps.

Les engrais phosphatés, superphosphate et phosphate précipité, au contraire, ont donné un gain de plus de 1000 kilos; seul le phosphate naturel a été sans action.

Il est remarquable de voir que dans notre terre, qui contient cependant 2 p. 1000 d'acide phosphorique, les phosphates aient une action marquée. Cela tend à prouver, ainsi que nous l'avons déjà dit, que la quantité d'acide phosphorique qu'elle contient à l'hectare est trop faible; d'ailleurs, ces résultats se confirment parfaitement dans les essais que nous avons faits sur la betterave à sucre.

Quant à l'action du phosphate précipité qui a été égale à celle des superphosphates, nous en parlerons un peu plus loin, le fait se confirmant également dans la culture de la betterave.

En résumé, pour une terre de richesse moyenne comme la nôtre, il paraît donc avantageux, pour la culture de la pomme de terre, d'employer les phosphates, et de préférence les phosphates précipités et peut-être le nitrate de soude; car, bien que nous n'ayons pu vérifier le fait exactement[2], son action était beaucoup plus marquée sur la variété Champion.

### Culture de la betterave à sucre.

Deux variétés de betteraves ont été cultivées comparativement : la variété blanche à collet rose de Vilmorin, et une variété sem-

1. Le département de la Somme produit la moitié de la tourbe extraite en France.
2. Les mêmes essais avaient été exécutés sur la variété Champion, mais la récolte ayant été pillée, nous avons dû renoncer à établir aucune comparaison.

blable acclimatée à la région, produite dans le pays, que nous appellerons betterave Rémy[1].

Il était intéressant en effet d'étudier la valeur de ces graines produites dans la contrée avec les graines de bonne qualité, comme celles que nous a fournies la maison Vilmorin, et de vérifier, ainsi qu'on l'a affirmé souvent, s'il n'était pas possible de produire de bonnes graines dans notre département.

Disons de suite que la levée a été fort régulière et simultanée pour les deux variétés, si ce n'est dans les carrés où nous avions employé le fumier en couverture. Avec cette façon d'opérer, les jeunes plants qui se trouvent placés sous les mottes de fumier se trouvent étiolés et finissent par pourrir. Cette pratique ne paraît donc pas avantageuse dans ces conditions.

Pendant toute la durée de végétation, les deux variétés se développèrent avec la même vigueur sans accuser de différences sensibles, seules les différences produites par les engrais allaient s'accentuant.

Au moment de la récolte, chaque variété fut pesée avec soin, analysée et nous a donné les résultats suivants :

BETTERAVE RÉMY.

*Variété blanche à collet rose.*

| ENGRAIS A L'HECTARE. | POIDS TOTAL D'ENGRAIS EMPLOYÉS. | PRINCIPES FERTILISANTS. | POIDS de la RÉCOLTE. | DENSITÉS DU JUS A 15°. | SUCRE par DÉCILITRE. | SUCRE A L'HECTARE. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Témoin | » | » | 28.200 | 1057 | 11.66 | 3299 |
| Fumier | 35.000 | Az. 140 | 34.000 | 1055 | 10.95 | 3740 |
| Tourbe | 12.500 | Az. 140 | 22.200 | 1057 | 11.72 | 2597 |
| Nitrate de soude | 900 | Az. 140 | 35.800 | 1056 | 11.44 | 4081 |
| Sulfate d'ammoniaque | 732 | Az. 140 | 36.000 | 1056 | 11.37 | 4068 |
| Superphosphate | 740 | $Po^5$ 120 | 45.400 | 1055 | 11.26 | 5085 |
| Phosphate précipité | 600 | $Po^5$ 120 | 45.600 | 1055 | 11.18 | 5060 |
| Phosphate naturel | 800 | $Po^5$ 120 | 20.300 | 1052 | 12.87 | 3121 |
| Salins de potasse | 200 | Ko 90 | 28.000 | 1053 | 10.62 | 2968 |

1. Les graines nous ont été fournies par M. Rémy, horticulteur à Saint-Gratien-lès Amiens.

**BETTERAVES VILMORIN.**

*Variété blanche à collet rose.*

| ENGRAIS A L'HECTARE. | POIDS TOTAL D'ENGRAIS EMPLOYÉS. | PRINCIPES FERTILISANTS | | POIDS de la RÉCOLTE. | DENSITÉS DU JUS A 15°. | SUCRE par DÉCILITRE. | SUCRE A L'HECTARE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Témoin | » | | » | 29.200 | 1057 | 11.79 | 3442 |
| Fumier | 35.000 | Az. | 140 | 34.300 | 1055 | 11.45 | 3910 |
| Tourbe | 12.500 | Az. | 140 | 27.400 | 1057 | 11.87 | 3260 |
| Nitrate de soude | 900 | Az. | 140 | 39.800 | 1056 | 11.65 | 4616 |
| Sulfate d'ammoniaque | 732 | Az. | 140 | 30.600 | 1056 | 11.62 | 3549 |
| Superphosphate | 740 | $Po^5$ | 120 | 49.200 | 1056 | 11.38 | 5608 |
| Phosphate précité | 600 | $Po^5$ | 120 | 48.540 | 1057 | 11.63 | 5626 |
| Phosphate naturel | 800 | $Po^5$ | 120 | 20.320 | 1058 | 12.03 | 2444 |
| Salins de potasse | 200 | Ko | 90 | 29.200 | 1053 | 10.21 | 2978 |

### Comparaison entre les variétés.

Pour comparer les deux variétés mises en expérience, nous additionnerons le poids total des récoltes obtenues avec chacune d'elles sur les différentes parcelles.

Nous arrivons ainsi, pour les betteraves Vilmorin, à une récolte moyenne de 34 820 kilogrammes par hectare, et avec les betteraves Rémy à 34 300 kilogrammes; la différence n'est donc que de 520 kilogrammes.

Si, de même, nous prenons la moyenne des densités des deux variétés nous obtenons 5,5 avec la même variété Vilmorin et 5,4 avec celle Rémy, ce qui fait à peine un déficit de 117 kilogrammes de sucre à l'hectare, on peut donc dire que ces deux variétés se valent.

Nous pouvons ajouter que, de part, et d'autre la levée a été des plus régulières[1] et que les racines avaient une forme convenable sans radicelles adventives.

1. Au moment de la livraison des graines nous en avions d'ailleurs fait l'essai qui nous a donné les résultats suivants :

| | Variété Vilmorin. | Variété Rémy. |
|---|---|---|
| Pureté | 99.00 | 98.50 |
| Pouvoir germinatif | 98.00 | 99.00 |
| Valeur culturale | 97.02 | 97.51 |

Il est donc possible, contrairement à ce que l'on a affirmé quelquefois, de produire sous notre climat d'excellentes graines de betteraves, fournissant une racine à la fois suffisamment riche et d'un rapport assez élevé à l'hectare[1].

### Influence des engrais.

Sur chacune des variétés, nous avons expérimenté les différents engrais commerciaux comparativement avec le fumier, afin d'en étudier la valeur pour la betterave cultivée dans une terre relativement pauvre comme la nôtre, cas qui se présente assez souvent dans notre région.

Des résultats consignés dans les tableaux précédents on peut voir que les engrais azotés, sauf la tourbe ont produit un effet assez marqué; mais qui, néanmoins, ne suffit pas pour rémunérer de la dépense d'engrais.

Le fumier nous donne seulement 5100 kilogrammes d'excédent, ce qui est insuffisant pour payer sa valeur, mais il faut cependant compter sur ce qu'il laissera dans le sol et que nous pourrons peut-être utiliser; malheureusement il n'en est pas même pour le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque, ainsi que l'ont montré les importants travaux de M. Dehérain et ceux de MM. Lawes, Gilbert et Warrington. Ces engrais n'ayant pu fournir de gain la première année, nous n'avons pas lieu de compter sur l'enrichissement qu'ils auraient pu procurer au sol. Leur emploi se solde donc par une perte. Ce fait démontre, une fois de plus, qu'il serait plus avantageux de les distribuer lorsqu'on n'a plus à craindre de pluies continues, car évidemment ces deux sels qui ont habituellement une action des plus marquées sur le rendement en poids de la betterave ont dû être entraînés dès le début dans le sous-sol.

Comme dans la culture de la pomme de terre, seul, parmi les engrais phosphatés que nous avons distribués, le phosphate naturel a été sans action; le phosphate précipité et le superphosphate ayant fourni un surcroît notable de récolte dépassant 20000 kilogrammes.

Ce résultat confirme donc les conclusions que nous avons tirées de la culture des pommes de terre; notre terre ne contient pas assez d'acide phosphorique.

1. Les récoltes à l'hectare que nous avons obtenues ne sont pas très élevées, il est vrai, mais il faut se rappeler que notre terre est de qualité médiocre, peu profonde et par conséquent impropre à la culture de la betterave.

Dans cette culture encore, le phosphate précipité a produit autant d'effet que le superphosphate, fait que MM. Grandeau et Petermann ont déjà remarqué[1], bien que les quantités d'acide phosphorique fournies soient égales pour les deux parcelles. Or, pour le cas où nous nous trouvons, il est facile de voir que l'emploi du phosphate précipité nous a procuré un bénéfice de 302 fr. 80 avec les betteraves Rémy et de 264 fr. avec la variété Vilmorin, tandis que le superphosphate ne nous a donné que 280 fr. et 224 fr. de gain.

Ce résultat, qui doit être confirmé par de nombreux essais exécutés dans les sols les plus différents et sur les principales plantes de grande culture, mérite toute l'attention des cultivateurs qui, d'ailleurs, pourraient le contrôler facilement eux-mêmes sur leurs terres.

Quant à l'action des engrais sur la richesse saccharine des betteraves, elle a été cette année des plus faibles, à peine voyons-nous un écart de 0°,4 et toutes les racines sont restées de bonne qualité.

En résumé, dans une terre analogue à la nôtre, il paraît avantageux pour la culture de la betterave, d'employer les phosphates et parmi ceux-ci le phosphate précipité; les engrais azotés solubles devront être distribués en faible quantité et lorsqu'on n'aura plus à craindre des pluies abondantes.

### Culture en billons.

Certains cultivateurs préfèrent employer, pour la betterave cultivée dans les sols peu profonds, la culture en billons à la culture ordinaire; il nous était intéressant de contrôler cette façon de voir, considérant que, dans notre département, les sols manquent assez souvent de profondeur. A cet effet, dans un carré spécialement réservé, nous en avons cultivé la moitié à plat et l'autre en billons. Voici les résultats obtenus :

| | | |
|---|---|---|
| Culture en billons | 38 500 | kil. |
| — à plat | 34000 | |

Le résultat est manifeste, c'est un bénéfice de 90 francs ainsi obtenu.

Cependant, malgré cet avantage et persuadé du bon effet de cette culture qui met à la disposition de la plante une plus grande quan-

1. *Annales agronomiques*, tome VI, p. 5.

tité de principes utiles, nous croyons que cet essai devrait être fait sur une plus grande surface, de façon à se rendre exactement compte si le bénéfice produit est supérieur à la dépense que nécessite l'outillage spécial nécessaire à cette culture.

### Culture du maïs fourrage.

Le maïs, qui sous notre climat n'arrive pas à maturité, peut, même dans notre département, être cultivé avantageusement comme fourrage. Il fournit en effet, non seulement une récolte abondante mais encore un fourrage très estimé des animaux ; de plus, pouvant être semé tardivement et sa végétation étant très courte, il peut venir après les récoltes de printemps et occuper ainsi des terres qui peut-être seraient restées sans emploi. Mais en général cette culture quand elle est faite, est trop souvent mal comprise et nous avons voulu montrer par ces essais quel bénéfice on pourrait en retirer en lui donnant les quelques soins qui lui sont nécessaires.

Le maïs que nous avons planté est le maïs dent de cheval; dans la plantation, il est important de laisser entre les lignes 0,42 centimètres de manière à pouvoir biner; ces soins sont indispensables au début, car autrement, si la terre est sale, le maïs se trouve étouffé, jaunit et reste chétif. Dans les lignes la distance peut-être plus faible : de $0^m,12$ à $0^m,16$; cependant il ne faut pas trop serrer, autrement si la plante, comme il arrive souvent, atteint deux mètres et plus de hauteur, le bas des tiges étant alors absolument privé de lumière par le développement énorme des feuilles, s'étiole et aux premiers coups de vent la récolte est couchée; de sorte qu'on est obligé de la couper avant qu'elle ait obtenu son maximum de poids.

Six parcelles ont été employées à cette culture pour laquelle nous avons exagéré les doses d'engrais, sachant notre terre pauvre et la plante un peu exigeante.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

*Récoltes à l'hectare.*

| | | |
|---|---|---|
| Témoin | 30 000 | kilogrammes. |
| Tourbe 33 000 kil | 24 500 | — |
| Salins 200 kil | 29 200 | — |
| Salins 100 kil., tourbe 16 500 kil | 26 000 | — |
| Nitrate de soude 1200 kil | 36 200 | — |
| Fumier 50 000 kil | 50 000 | — |

Il est facile de voir que, dans cette culture, seul le fumier a produit un excédent notable de récolte, ainsi que l'a toujours constaté M. Dehérain dans les cultures suivies qu'il a faites à Grignon. Le nitrate de soude a donné aussi 6200 kilogrammes de plus que le témoin, mais ce léger surcroît est loin de payer la forte dépense qu'a occasionné son emploi.

Il est aussi intéressant de voir que, même avec une plante qui semble préférer l'azote fourni sous forme de combinaison organique, la tourbe seule ou même mélangée à des sels alcalins n'ait produit aucun effet. Ce fait montre bien que l'azote qu'elle contient n'est pas engagé dans une combinaison favorable à l'assimilation.

### Conclusions générales.

Cette première série d'essais qui, d'ailleurs fournit des résultats parfaitement concordants pour l'action des engrais, semble donc nous prouver que, dans nos terres bieffeuses, il est avantageux d'employer les phosphates et parmi ceux-ci, préférablement les phosphates précipités; les superphosphates fournissant l'acide phosphorique à un prix plus élevé et les phosphates minéraux étant sans action.

Les engrais azotés solubles paraissent avoir une action marquée, mais dans une année pluvieuse comme 1882, ils semblent avoir dû être rapidement entraînés dans le sous-sol; aussi, nous croyons qu'il est indispensable, pour en retirer tout le bénéfice qu'il peuvent procurer de ne les distribuer qu'au printemps.

Les sels de potasse sont sans action.

Quant au fumier nous ne pouvons nous prononcer sur son emploi sans connaître son action sur les récoltes postérieures.

---

ÉCHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT

# DES TERRES ARABLES ET DE LEURS ÉLÉMENTS

SOUS L'INFLUENCE

DE LA RADIATION SOLAIRE ET DU RAYONNEMENT NOCTURNE

**Par M. F. MASURE**

---

## DEUXIÈME PARTIE

INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ DES MATIÈRES TERREUSES SUR LEUR ÉCHAUFFEMENT A L'AIR LIBRE

## CHAPITRE III

RAPPROCHEMENT DES RÉSULTATS NUMÉRIQUES OBTENUS PAR SCHUBLER ET DE GASPARIN DES RÉSULTATS RELATÉS DANS CE TRAVAIL.

PREMIÈRE SECTION.

### Echauffement et refroidissement spécifiques de la terre et de ses éléments.

I.

Échauffement des matières à l'état sec sous l'influence de la radiation solaire.

De Gasparin ne paraît pas avoir accordé une importance bien grande aux observations faites sur les matières sèches quand elles conservent leur couleur naturelle, car il ne nous donne les résultats de leur échauffement au soleil que pour faire ressortir l'influence de l'humidité[1].

Son tableau se rapporte au cas où l'air ambiant est à 25°. Il ne dit pas comment l'air qui entourait les matières exposées au soleil pouvait rester à 25°; nous pensons que 25° était la température observée pour l'air au moment où étaient observées les températures maxima des diverses matières. Nous devons donc comparer les résultats qu'il nous donne avec ceux que nous avons obtenus à 2h de l'après-midi, au moment des maxima.

Le tableau suivant présente sur la même ligne les chiffres obtenus pour les matières semblables :

1. De Gasparin, *Cours d'agriculture*, tome I, page 166.

| DÉSIGNATION DES MATIÈRES. | OBSERVATIONS de Gasparin | | OBSERVATIONS du 4 au 6 août à Orléans. | | DÉSIGNATION DES MATIÈRES. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Températures au soleil. | Excès sur l'air. | Températures au soleil. | Excès sur l'air. | |
| Terre de jardin gris noir clair... | 45°.25 | 20.25 | 43°.8 | 14.2 | Terre de jardin gris noir. |
| Terreau gris noir..... ........ | 47°.37 | 22.37 | 44°.2 | 14.6 | Fumier consommé. |
| Argile gris bleuâtre............ | 45°.00 | 20.00 | 41°.7 | 12.1 | Argile presque pure.... |
| Sable de quarz gris jaunâtre clair | 44°.75 | 19.75 | 40°.8 | 11.2 | Sable de Loire. |
| Terre calcaire blanche......... | 43°.00 | 18.00 | 39°.0 | 9.4 | Calcaire pulvérulent. |
| Air......................... .. | 25° | | 29°.6 | | Air ambiant. |

Il n'y a pas de remarque importante à faire sur les chiffres beaucoup plus élevés obtenus par de Gasparin; il est probable que l'insolation était, au lieu et à l'heure où il observait, beaucoup plus intense qu'à Orléans dans les premiers jours d'août 1881. Ce qu'il importe de faire observer c'est que les résultats sont de même ordre et *en parfaite concordance.*

Le fumier est l'élément qui s'échauffe le plus, il s'élève au-dessus de tous de plus de 2° du maximum; puis viennent l'argile et le sable presque au même niveau, bien que l'argile soit nettement au-dessus, et enfin le calcaire qui s'échauffe le moins est à une distance d'environ 2° du sable.

On arrive aux mêmes conclusions mais avec des écarts moindres, si au lieu de considérer seulement les températures maxima on prend les *moyennes de toutes les observations horaires* depuis six heures du matin jusqu'à six heures du soir, c'est-à-dire pendant toute la durée de l'insolation.

MOYENNES HORAIRES DE 6 HEURES DU MATIN A 6 HEURES DU SOIR.

| | Moyennes observées. | Excès sur l'air. | Écarts. |
|---|---|---|---|
| Terre de jardin.............. | 33.8 ......... | 8.7 ......... | 0.7 |
| Fumier...................... | 33.1 ......... | 8.0 ......... | 0.5 |
| Argile...................... | 32.6 .... .... | 7.5 ...... .. | 0.8 |
| Sable....................... | 31.8 ......... | 6.7 ......... | 1.2 |
| Calcaire.................... | 30.6 ......... | 5.5 | |

*Échauffement de la terre de jardin comparativement à ses élé-*

*ments*. — D'après les tableaux du comte de Gasparin relatifs au maximum, cette terre se place après le terreau à une distance de 2°.

Dans nos observations elle vient également en deuxième ligne mais à un intervalle de quelques dixièmes de degrés seulement.

D'après notre tableau des moyennes, la terre de jardin prend le dessus même sur le fumier; la carte montre d'ailleurs que son diagramme ne dépasse celui du fumier que vers le maximum seulement.

## II.

### Refroidissements des éléments terreux.

Schubler observait le temps mis par chaque élément pour se refroidir de 62°,5 à 21° dans un air ambiant à 16°2. Il trouvait ainsi :

| | |
|---|---|
| Pour le terreau | 1h43' |
| — terre calcaire | 2h10' |
| — argile pure | 2h19' |
| — sable siliceux | 3h27' |
| La terre de jardin mettait | 2h16' |

Il en concluait que c'est le sable qui conserve le mieux sa chaleur; viennent ensuite l'argile et le calcaire à peu près au même degré et enfin le terreau qui de tous les éléments est celui qui se refroidit le plus vite.

Nous n'avons point suivi Schubler et de Gasparin dans ce mode d'expérimentation parce que les matières n'étaient pas assez près des conditions où se trouvent les terres dans la nature. Nous avons préféré observer le refroidissement des matières depuis leur maximum jusqu'à leur minimum, c'est-à-dire pendant le même temps, de deux heures de l'après-midi à cinq heures du matin.

| | Maxima. | Minima. | Différence. |
|---|---|---|---|
| Terre de jardin | 43.8 | 13.4 | 30.4 |
| Fumier | 44.2 | 14.2 | 30.0 |
| Argile | 41.6 | 13.0 | 28.6 |
| Sable | 40.8 | 13.2 | 27.6 |
| Calcaire | 39.0 | 13.0 | 26.» |
| Air | 29.6 | 15 | 14°,6 |

C'est bien le terreau qui se refroidit le plus, mais avec un intervalle moins grand que dans les observations de Schubler. Quant

au sable siliceux il se refroidit moins que l'argile, mais plus que le calcaire contrairement à ce que pensait de Gasparin. Il y a eu probablement erreur dans les observations de Schubler, car le pouvoir émissif du sable est comme son pouvoir absorbant, plus grand que celui du calcaire.

*Refroidissement rapide de la terre et de ses éléments dans la soirée.* — Quoi qu'il en soit, ce qui doit frapper surtout les agronomes, c'est la loi du refroidissement graduel de la terre et de ses éléments. Qu'ils considèrent en effet les diagrammes représentés dans la carte, ils verront que dans la soirée, depuis deux heures jusqu'au coucher du soleil, les matières terreuses sèches se refroidissent rapidement et d'autant plus vite qu'elles sont plus chaudes car elles se rejoignent à moins d'un degré près.

*Refroidissement lent et uniforme pendant la nuit.* — Du coucher du soleil jusqu'à son lever, tous les éléments et la terre elle-même suivent la même loi de refroidissement; leurs diagrammes marchent complètement d'accord, à moins d'un demi degré près.

Ce résultat, nous l'avouons, était inattendu ; il est important d'ailleurs, car il en résulte que les terres arables quand elles sont sèches, se refroidissent du même nombre de degrés quelle que soit leur nature ; donc la condensation des vapeurs atmosphériques sur les terres ne peut dépendre, nous ne saurions trop le répéter, que des coefficients d'hygroscopicité des divers éléments dont elles se composent. Et cette condensation est d'une importance capitale, car ces vapeurs apportent avec elles non seulement l'oxygène qui fait respirer les feuilles, mais encore l'acide carbonique et les vapeurs nitreuses et ammoniacales qui sont de puissants agents de la végétation.

## SECONDE SECTION.

## Influence du degré d'humidité des terres sur leur échauffement et leur refroidissement.

### I.

### Indication des observations.

Nous l'avons indiqué dans la première partie de ce mémoire, de Gasparin avait reconnu l'influence considérable de l'eau sur l'échauffement des terres, et l'attribuait à juste titre à la chaleur latente nécessaire à l'eau pour s'évaporer, mais il annonçait que cette

influence était à peu près la même (7 à 8° d'abaissement de température) pour tous les éléments terreux, et il ajoutait[1] « elle se maintient jusqu'à ce que les terres soient sèches ».

Il importait de vérifier ces deux points.

Pour y arriver, nous avons entrepris deux séries d'expériences : dans la première nous avons soumis à l'insolation les matières terreuses contenant chaque matin la moitié de leur eau de saturation; dans la deuxième ces mêmes matières étaient complètement saturées.

Dans nos observations sur l'évaporation de l'eau dans les terres arables[2] nous avions déterminé les proportions de saturation de chacun des éléments des terres (sable 0,19; calcaire 0,42; argile 0,84; fumier 1,03; terre de jardin 0,37 du poids de la matière sèche). Nous avons calculé en conséquence les poids d'eau qu'il fallait ajouter dans chacun des évaporomètres dans la première série et dans la deuxième.

I<sup>re</sup> Série d'expériences. — *Échauffement des matières terreuses à demi saturées d'eau.* — Les observations ont été faites les 14, 15, 16 et 17 juillet; chaque matin à six heures, les matières avaient exactement la moitié de leur eau de saturation; on leur redonnait un poids d'eau égal à celui qu'elles avaient perdu depuis la veille.

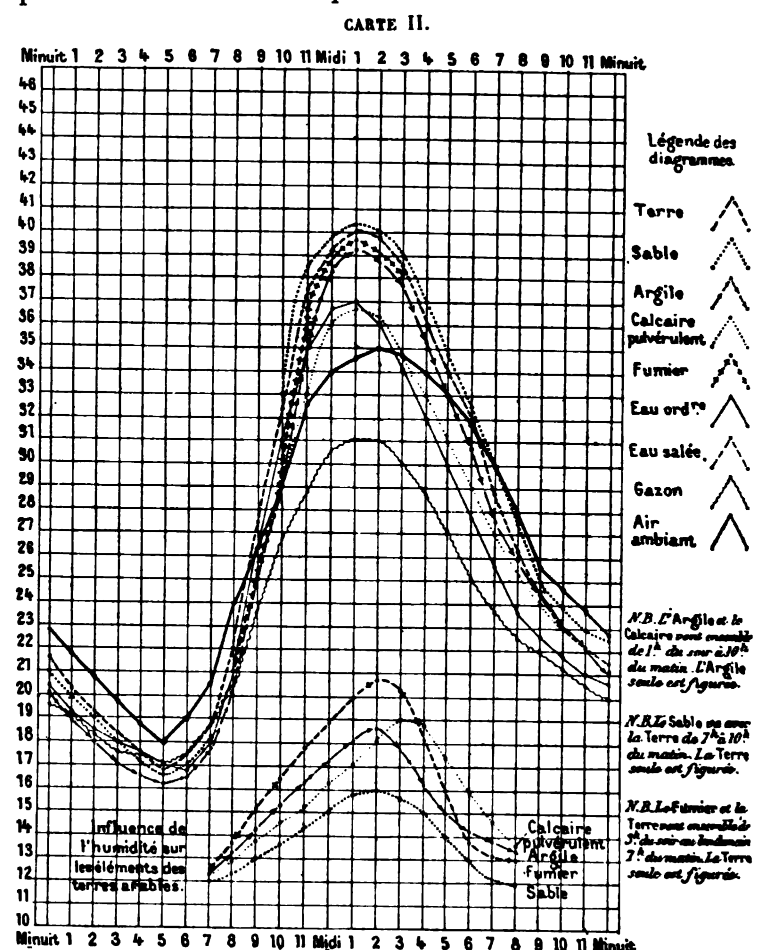
Le 14 l'état du ciel ne permit pas de faire des observations complètes, mais le 15 le vent d'E. persistant depuis la veille à midi donna un ciel pur pendant toute la journée, l'actinomètre marqua de $1^{cal}$, à $1^{cal},34$ par centimètre carré pour la chaleur fournie par le soleil. Le 16 juillet le vent tourna au S. et le ciel fut à demi couvert pendant tout l'après-midi; on fit néanmoins les expériences très exactement, elles montrèrent l'influence des nuages reconnue par de Gasparin. Nous avons dû les laisser de côté ici et ne faire entrer que celles des journées de ciel pur afin d'étudier l'influence spéciale de l'humidité à ses différents degrés. Le 17, le vent revenu à l'E. pendant la nuit précédente maintint le ciel pur pendant toute la journée. L'actinomètre accusa de $1^{cal},25$ à $1^{cal},36$; les observations furent donc excellentes. On a dû les interrompre dans la journée du 18 où le ciel commença à s'obscurcir.

Nous avons pris en conséquence les moyennes des observations

1. De Gasparin, *Cours d'agriculture*, tome I, page 166.
2. *Annales agronomiques*, tome VIII, page 174.

horaires des deux journées des 15 et 17 juillet. Ces résultats sont représentés dans la carte II qui suit.

CARTE II.



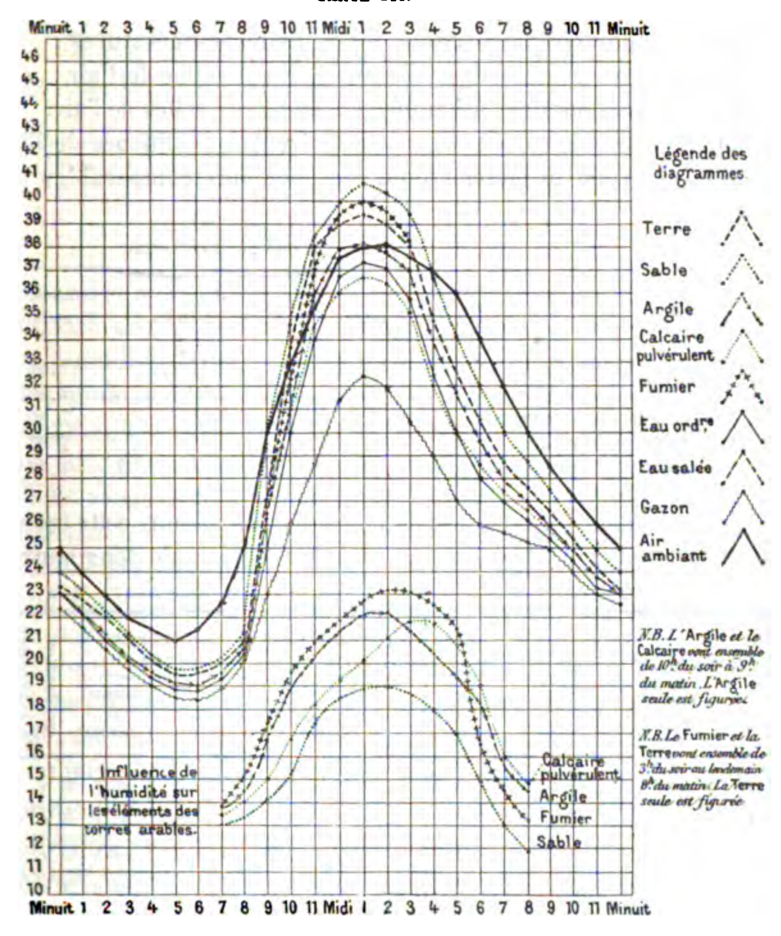

2e SÉRIE D'EXPÉRIENCES. — *Échauffement et refroidissement des terres saturées d'eau.* — Les observations commencèrent le 19 juillet à 6 heures du matin par un vent d'E. faible et un ciel absolument pur; vers midi le vent tourna au S.-E. et depuis 2 heures jusqu'au lendemain souffla une légère brise du S. Quelques nuages apparurent, mais trop rares et trop faibles pour diminuer notablement la radiation solaire qui fut très intense. Pendant la nuit le ciel fut absolument pur, mais le lendemain vers 10 heures le ciel s'obscurcit peu à peu et à midi il était tout à fait couvert; on dut

cesser les observations, car notre règle principale était d'étudier l'échauffement et le refroidissement en dehors de l'influence de l'état nuageux du ciel.

Nous n'eûmes donc pour le cas des éléments saturés qu'une seule journée d'observations, mais par un heureux hasard elle nous offrait les conditions les plus favorables.

La radiation solaire fut si intense ($1^{cal},30$ à $1^{cal},50$ à l'actinomètre) que la température de l'air ambiant s'éleva à 38° de 1 heure à 2 heures de l'après-midi pour tomber à 21° le lendemain à 5

CARTE III.




heures. Le 19 juillet 1881 fut la journée la plus chaude qu'on ait observée depuis de nombreuses années à Orléans.

Les résultats des observations horaires sont représentés sur la carte III ci-dessus où les ordonnées représentent les températures de chacune des matières soumises à l'expérience.

Avant de faire ressortir les faits d'observations représentés par les cartes, nous devons suivre de Gasparin dans la discussion de l'influence de l'humidité.

## II.

### Comparaison des résultats obtenus avec ceux du comte de Gasparin.

Pour représenter les effets de l'humidité, de Gasparin mettait en regard, au moment des maxima, les excès des températures :

1° Des terres sèches échauffées au soleil sur celles de l'air ;

2° Des terres humides échauffées au soleil sur celles de l'air.

La différence de ces deux excès représentait l'influence de l'humidité. En voici le tableau pour les éléments comparables aux nôtres.

| | Excès de température des terres sèches. | Excès de température des terres mouillées. | Influence de l'humidité. |
|---|---|---|---|
| Sur l'air à 25°. | — | — | — |
| Terreau gris noir | 22.37 | 14.75 | 7.62 |
| Argile pur gris bleuâtre | 20.00 | 12.50 | 7.50 |
| Sable de quartz gris jaunâtre clair. | 19.75 | 12.25 | 7.50 |
| Terre calcaire blanche | 18.00 | 10.63 | 7.37 |
| Terre de jardin gris noir clair | 20.25 | 12.50 | 7.75 |

En présentant les résultats de nos observations sous cette forme, nous obtenons le tableau suivant pour les maxima de deux heures.

| Exces des températures des matières sur celle de l'air ambiant. | Terres sèches. | Terres à 1/2 saturées. | Terres à 1/2 saturées. Influence de l'humidité | Proportion d'eau évaporée. | Terres saturées. | Terres saturées. Influence de l'humidité | Proportion d'eau évaporée. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fumier | 14.6 | 3.8 | 10.8 | 26 p. 100 | 1° | 13.3 | 35 p. 100 |
| Argile | 12.1 | 3.5 | 8.6 | 15 p. 100 | 0 | 12.1 | 27 p. 100 |
| Sable | 11.2 | 4.5 | 6.7 | 8 p. 100 | 2.7 | 8.5 | 11 p. 100 |
| Calcaire pulvérulent | 9.4 | 1.0 | 8.4 | 11 p. 100 | 1.4 | 10.8 | 18 p. 100 |
| Terre de jardin | 14.2 | 4.6 | 9.6 | | 1.5 | 12.7 | 21 p. 100 |
| La température de l'air était : | 29° 5 | 35° 2 | | | 38° | | |

D'après les résultats de Gasparin, l'influence de l'humidité serait à peu près la même sur toutes les matières, la différence n'est que de 2 à 3 dixièmes de degrés. Le tableau ci-dessus qui résume nos observations pour le maximum de 2 heures fait voir que ces différences ont été beaucoup plus marquées à Orléans, ainsi :

1° Pour les *matières à demi-saturées* d'eau l'évaporation a fait baisser les maxima de température.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| de 10°,8 | pour | le fumier qui a évaporé............... | 26 | p. 100 de son poids. |
| — 8°,6 | — | l'argile — ............... | 15 | — |
| — 8°,4 | — | le calcaire pulvérulent — ............. | 11 | — |
| — 6°,1 | — | le sable — ............... | 8 | — |
| — 9°,6 | — | la terre de jardin — ................. | 19 | — |

2° Pour les *matières saturées* d'eau.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| de 13°,3 | pour | le fumier qui a évaporé............... | 35 | p. 100 de son poids. |
| — 12°,1 | — | l'argile — ............... | 27 | — |
| — 10°,8 | — | le calcaire pulvérulent — ............ | 18 | — |
| — 8°,5 | — | le sable — ............... | 11 | — |
| — 12°,7 | — | la terre de jardin — ................. | 31 | — |

Mais il ne suffit pas de considérer les effets produits au maximum ; il nous a paru important de suivre d'heure en heure l'influence de l'humidité sur l'échauffement des matières terreuses depuis 7 heures du matin où commence l'évaporation de l'eau qui mouille les terres jusque vers 11 heures du soir où cette évaporation cesse pour faire place à la condensation des vapeurs atmosphériques.

Nous avons donc construit pour chaque heure des tableaux semblables au précédent, mais au lieu de les reproduire ici ce qui eut demandé plusieurs pages de chiffres, nous avons préféré en représenter les résultats par des diagrammes que nous avons placés sous ceux des températures ; ces diagrammes parleront d'eux-mêmes.

A. *Influence de l'humidité sur l'échauffement de la terre de jardin.* (voyez carte I, n° d'avril). — Les deux diagrammes représentent en degrés centigrades : le 1er (le plus bas) les degrés d'abaissement de température dus à l'évaporation de l'eau, quand la terre est à demi-saturée d'eau ; le 2e les degrés d'abaissement quand la terre est saturée. Ils montrent clairement :

1° Que ces abaissements de température varient à chaque heure ; le maximum est atteint à 2 heures, c'est-à-dire à l'heure où l'évaporation atteint elle-même son maximum, ce qui montre bien son influence.

2° Que les abaissements sont notablement plus considérables quand la terre est plus mouillée : ce qui doit être puisqu'alors l'évaporation de l'eau est plus considérable 31 p. 100 au lieu de 19;

3° Enfin on peut remarquer que si on retranchait à chaque heure des températures d'échauffement de la terre sèche (carte II), les degrés d'abaissement dus à l'influence de l'humidité, on aurait des courbes qui se rapprocheraient sensiblement pour la demi-saturation de celle de la carte II, pour la saturation de celle de la carte III.

B. *Influence de l'humidité sur les échauffements relatifs des quatre éléments des terres.* — Les diagrammes tracés pour chaque élément au bas des cartes II et III représentent en degrés centigrades les abaissements de température dus à l'évaporation de l'eau :

Sur la carte II, dans le cas où les matières étaient à demi-saturées;

Sur la carte III, dans le cas où elles étaient saturées.

Ces diagrammes montrent clairement :

1° Que, dans tous les cas, pour chacun des éléments comme pour la terre arable elle-même, l'abaissement de température dû à l'évaporation, varie d'heure en heure comme l'évaporation elle-même et atteint son maximum vers 2 ou 3 heures de l'après-midi ;

2° Que l'abaissement de température diffère pour chacun des éléments;

3° **Pendant les matinées,** c'est le fumier qui est le plus refroidi par l'évaporation, viennent ensuite l'argile, le calcaire, et enfin le sable;

4° **Pendant les après-midi,** l'ordre change. Le calcaire prend la première place vers 3 à 4 heures du soir, l'argile l'emporte à son tour sur le fumier vers 5 ou 6 heures, mais le sable qui subit une évaporation plus faible, reste toujours au dernier rang d'un nombre notable de degrés;

5° Si on compare les courbes de la saturation complète à celles de la demi-saturation, on voit que *pour les éléments de la terre* comme pour la terre elle-même, l'abaissement de température dû à l'influence de l'humidité est d'autant plus considérable que la matière est plus mouillée, ce qui s'explique facilement, car plus la terre est mouillée, plus son évaporation est grande ;

6° Enfin, on peut remarquer que si on ajoutait aux températures

dues à l'échauffement solaire des matières demi-saturées et des matières saturées, les nombres des degrés d'abaissement dus à l'évaporation, les diagrammes d'échauffement des cartes II et III prendraient la forme des diagrammes de la carte I.

*Remarque.* — L'influence de l'humidité s'explique dans tous les cas par l'évaporation de l'eau qui nécessite l'emploi d'une chaleur latente proportionnelle à son intensité. Les éléments qui absorbent le plus l'eau de pluie et par suite évaporent davantage, sont ceux qui subissent les abaissements de température les plus grands.

Ces abaissements sont aussi d'autant plus grands que l'insolation fournit plus de chaleur à la terre, et par suite en fait évaporer des proportions d'eau plus considérables, si bien que quand les éléments sont tous saturés, ils ne sont ni plus ni moins chauds que l'eau elle-même.

### III.

#### Influences générales du degré d'humidité des terres sur leur échauffement au soleil.

A. *Comparaisons des températures de la terre arable et de l'air.* — Ce qui frappe le plus quand on considère comparativement sur les trois cartes les diagrammes de la terre et de l'air ambiant, c'est leur rapprochement d'autant plus marqué que la terre contient plus d'eau.

Pendant le jour, la température de la terre dépasse celle de l'air de près de 15° à l'état sec (carte I), de 5° à demi-saturation (carte II), de 1°5 à saturation (carte III); à l'état sec, la terre reste plus chaude que l'air de 8 heures du matin à 9 heures du soir, à demi-saturée de 9 heures du matin à 6 heures du soir, à saturation, de 10 heures du matin à 3 heures seulement.

*En moyenne pendant le jour*, la terre n'est pas plus chaude que l'air quand elle est saturée d'eau; elle la dépasse de 4° quand elle est à demi-saturée et de 10° quand elle est sèche.

*Pendant la nuit*, les différences sont beaucoup moins marquées; toujours la terre devient plus froide que l'air quand un ciel pur favorise son rayonnement nocturne, et quelque soit son degré d'humidité, son abaissement ne varie guère que de 2 à 3°.

B. *Remarque sur la courbure des diagrammes.* — On est frappé, en outre, des modifications générales apportées par l'humidité sur les variations de la température.

Les terres mouillées atteignent leur maximum un peu plus tôt que quand elles sont sèches, vers 1 heure de l'après-midi au lieu de 2 heures. De plus, leur refroidissement est beaucoup plus rapide; la clef de l'S est plus prononcée et d'autant plus que la terre contient plus d'eau. C'est pourquoi à l'état de saturation les terres deviennent plus froides que l'air dès 3 ou 4 heures de l'après-midi.

Ces faits sont évidemment des effets de l'évaporation qui, extrêmement vive sous l'empire de l'insolation de 9 à 10 heures du matin jusqu'à 4 ou 5 heures du soir, détermine un abaissement considérable de température.

Si les pluies rafraîchissent les terres arables, comme on dit vulgairement, ce n'est pas tant parce que l'eau de pluie est plus froide que la terre, c'est surtout par le refroidissement que son évaporation fait subir à la couche supérieure du sol qui s'en sature. Mais quels sont les éléments des terres qui contribuent le plus à ce rafraichissement favorable aux récoltes en temps de sécheresse. C'est ce qu'il nous importe surtout de savoir, les diagrammes des éléments vont nous l'apprendre.

1° *Diagrammes du fumier.* — Nous voyons d'abord que le fumier, qu'il soit sec ou plus ou moins humide, reste aussi chaud que la terre, leurs diagrammes se confondent ou du moins sont tellement rapprochés que le plus souvent nous n'avons pas figuré celui du fumier pour ne pas rendre la carte confuse. Ce résultat est dû à l'influence prépondérante du fumier sur l'échauffement de la terre qui en est enrichie; cependant il y a un abaissement sensible du diagramme du fumier pendant les matinées, abaissement dû à l'évaporation énorme du fumier par l'insolation.

2° *Diagrammes de l'argile.* — Il reste toujours au-dessous de celui du fumier; cela tient à ce que si l'argile absorbe moins de chaleur solaire elle évapore aussi moins d'eau que le fumier. Ces deux éléments se maintiennent donc à leur rang dans l'échauffement et dans le refroidissement, le fumier au 1$^{er}$ ou au 2$^{e}$, l'argile au 2$^{e}$ ou au 3$^{e}$.

3° *Diagrammes du calcaire.* — Le calcaire sous l'influence de l'humidité conserve également son rang par rapport à l'argile et pour les mêmes raisons : il évapore moins mais il absorbe ou rayonne moins de chaleur. Il reste toujours plus froid que l'argile de 2° à 3°, et en général il s'en écarte d'autant plus qu'il contient plus d'eau.

4° *Diagrammes du sable.* — C'est ici que l'influence du degré d'humidité est remarquable.

A l'état sec le sable est plus froid que l'argile et surtout plus froid que le fumier; il absorbe et conserve moins de chaleur solaire que ces deux éléments, ses associés dans les terres arables; toutes les observations le démontrent clairement.

Mais quand les terres sont mouillées, le sable est un élément plus chaud que l'argile et que le fumier lui-même; la carte II (1/2 saturation) nous montre que le diagramme du sable dépassait celui de l'argile et du fumier de 1 à 2°; la carte III (saturation) nous montre le diagramme du sable plus élevé de 2 à 3° et même davantage dans l'après-midi.

L'explication de ces résultats est simple et toute naturelle.

| | 1/2 saturation. | Saturation. | |
|---|---|---|---|
| Le fumier a évaporé............. | 26 p. 100 ..... | 35 p. 100 | de son poids. |
| L'argile — ............. | 15 ..... | 27 | — |
| Et le sable seulement............ | 8 — ..... | 11 | — |

Pourquoi ces différences dans l'évaporation des trois principaux éléments des terres? c'est qu'à l'état de saturation ils contiennent:

| | |
|---|---|
| Le fumier........................... | 103 p. 100, plus que son poids. |
| L'argile............................. | 84 — |
| Le sable............................. | 19 seulement — |

Les différences deviennent plus sensibles dans les après-midi; cela se comprend clairement. En effet, dans nos expériences :

On avait mis, au lever du soleil, l'eau nécessaire à la saturation ou à la demi-saturation, et on avait renouvelé le lendemain seulement la provision nécessaire. Il en est résulté que c'était pendant l'après-midi surtout que le sable était relativement plus sec que l'argile et le fumier, et par suite s'échauffait davantage au soleil et se refroidissait moins par son évaporation.

Or, si on veut bien considérer que les terres arables ne sont jamais absolument sèches (et cela est heureux car elles seraient frappées de stérilité), que fréquemment les pluies saturent la couche supérieure du sol, comme dans la première série de nos observations sur l'influence de l'humidité, on nous permettra d'en déduire les conclusions suivantes.

*Conclusions.* — Dans l'état le plus ordinaire des terres arables :

*Le sable* en est l'élément le plus échauffant;

*Le fumier* vient en deuxième ligne ;

*L'argile* s'en rapproche beaucoup ensuite.

*Le calcaire* est l'élément le moins échauffant.

Mais qu'on le comprenne bien ; ce n'est pas à sa nature que le sable doit cette prédominance. Il absorbe en réalité moins de chaleur solaire que l'argile et surtout que le fumier ou le terreau qui en provient. Si le sable est le plus chaud, c'est parce qu'il est l'élément le plus sec, l'élément qui retient le moins l'eau des pluies et qui par suite se refroidit le moins par l'effet de l'évaporation.

*Diagrammes des eaux.* — Il était curieux également et même utile de comparer le diagramme des eaux et des herbes à ceux des terres à différents degrés de saturation.

La carte I nous montre que les eaux douces ou salines sont de beaucoup plus froides que les terres sèches sous l'empire de l'insolation, et cela s'explique par la perte de chaleur que l'évaporation leur fait subir.

Quand les terres sont à demi saturées, nous voyons le calcaire devenir aussi froid que l'eau douce, plus froid que les eaux salines; mais l'argile et les autres éléments restent plus chauds que les eaux.

Quand les terres sont saturées d'eau le rapprochement est plus frappant ; l'argile n'est pas plus chaude que les eaux et le fumier lui-même s'en rapproche.

Au point de vue agricole, il n'y a donc pas à craindre d'irriguer les terres arables avec l'eau des étangs ni même avec celle des ruisseaux qui peuvent recevoir les rayons du soleil ; ces eaux seront aussi chaudes que les terres elles-mêmes, plus chaudes même que les terres qui sont en prairies, comme nous l'expliquons ci-après.

6° *Diagrammes des gazons et herbes.* — L'énorme transpiration des gazons est une cause puissante de refroidissement, aussi voyons-nous, en toutes circonstances, les diagrammes du gazon au-dessous de tous les autres et de la manière la plus notable.

Ce refroidissement considérable influe sur l'air qui circule au milieu des herbes, il s'y rafraîchit de plusieurs degrés, mais il influe nécessairement aussi sur la température du sol des prairies d'où part toute cette eau qui vient s'évaporer dans les feuilles. C'est pourquoi nous disions au paragraphe précédent que les eaux d'irrigation qui ont été insolées ont l'avantage de réchauffer le sol des prés qu'elles arrosent.

Nous pourrions terminer ici ce travail en nous bornant aux résultats théoriques que nous avons déduits des observations; mais il ne suffirait pas pour les progrès de l'agriculture et de l'horticulture de faire de la science pure, il est utile encore d'en déduire les règles de culture pratique qui permettent d'aider la nature dans son action sur la végétation afin d'obtenir du sol arable des produits meilleurs et plus abondants.

C'est ce que nous essaierons de faire dans une troisième et dernière partie réservée pour un prochain numéro des *Annales agronomiques*.

---

DE L'INFLUENCE DU CLIMAT

# SUR LE DÉVELOPPEMENT DU BLÉ

Par M. G. CAPUS

Docteur ès sciences.

Il existe déjà un certain nombre d'observations sur le développement du blé sous différentes latitudes et sous des conditions climatologiques diverses. MM. Hervé-Mangon, Balland et Risler ont publié, il y a quelque temps, leurs observations sur l'influence du climat sur la maturation des récoltes[1]. M. Balland a observé le développement du blé à Orléansville (Algérie). Il trouve que le blé y emmagasine, pour parfaire son cycle de développement, une quantité de chaleur diurne représentée par 2498 ou 2432 degrés thermométriques. Ces chiffres ne diffèrent pas notablement de ceux que M. Hervé-Mangon a trouvés à Sainte-Marie-du-Mont (Manche), c'est-à-dire dans une contrée située à plus de 12 degrés de latitude plus au nord. Le développement parfait du blé y exige en moyenne 2365 degrés thermométriques; mais, pour arriver à cette somme de chaleur, le blé en Normandie met en moyenne 270 jours, tandis qu'à Orléansville, il n'en met que 180. M. Risler, de son côté, a observé la végétation du blé à Calève, et il trouve que, pour arriver à la somme de 2134 degrés thermométriques nécessaires à sa maturation, le blé demande 165 jours de végétation.

En comparant ces chiffres entre eux, on est tenté de soupçonner

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 10, 17 novembre 1879, du 19 janvier 1880 et du 11 décembre 1882.

une loi générale d'après laquelle le blé, pour parfaire son cycle de développement, exigerait, sous tous les climats, une *somme de chaleur* égale, mais répartie selon les climats des différents pays et aussi selon les variations climatologiques annuelles dans un même pays, sur un plus ou moins grand nombre de jours. Si cette loi se trouvait confirmée par un plus grand nombre d'observations, la pratique agricole en retirerait certaines règles en vertu desquelles on pourrait pronostiquer, quelques semaines à l'avance, l'époque des moissons. Mais, pour l'éprouver, il faut comparer entre elles des observations faites autant que possible dans des régions où le climat est très différent, telles que l'Inde, l'Amérique tropicale, l'Asie centrale, la Sibérie, la Norvège, etc.

Je veux, pour le moment, rapprocher les chiffres déjà obtenus de ceux qu'on obtient à Tachkent, dans le Turkestan. J'ai retracé déjà[1], en traits généraux, le climat continental et excessif de ce pays; qu'il suffise ici, pour établir le calcul, de reproduire les températures moyennes, mensuelles; les moyennes ont été obtenues à Tachkent de trois lectures journalières du thermomètre :

TABLEAU DES TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES DE TACHKENT, EN CENTIGRADES.

| Janv. | Fév. | Mars. | Avril. | Mai. | Juin. | Juill. | Août. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.3 | 1.4 | 8.7 | 15 | 21.6 | 24.3 | 27 | 24.4 | 18.4 | 10.7 | 6.6 | 2.3 |

Le blé d'hiver est semé au commencement d'octobre et récolté au commencement de juillet. Le blé de printemps est semé vers le 10 février (russe) et récolté vers le 25 juin[2]. Il convient d'examiner plutôt la somme de chaleur reçue par le blé de printemps, parce que d'abord les évaluations des températures propices de l'hiver sont plus sujettes à erreur et parce que d'un autre côté, le résultat obtenu du rapprochement des chiffres sera plus concluant, étant donnée la différence des conditions climatologiques.

Il intervient, dans un calcul de cette espèce, bon nombre de causes d'erreurs qui empêchent d'établir des chiffres absolument exacts; mais comme ces chiffres n'expriment qu'un rapport et que de ce rapport il s'agit de tirer une conclusion générale, ces causes

1. *Ann. agron.*, t. VIII, p. 239 et 356.
2. 22 février et 7 juillet de notre style.

d'erreur peuvent momentanément ne pas entrer en ligne de compte. Telles sont la rapidité de germination des graines, l'appréciation du degré de maturation des épis, la nature chimique et physique du sol, l'exposition, etc., toutes conditions différant d'une région à l'autre.

En outre, il ne faut pas négliger un fait déjà observé et auquel, récemment, M. Risler est venu apporter l'appui de nombreuses expériences, c'est que le minimum de température initiale du blé est à + 6 degrés centigrades. J'ai fait cette déduction des températures au-dessous de + 6° C pour les chiffres des mois de février et de mars à Tachkent afin de les mettre à la même proportionnalité que ceux des autres stations.

Ces réserves faites, voici le tableau des sommes de chaleur que le blé a reçu pendant la durée de son développement du 10 février au 25 juin :

| MOIS. | NOMBRE DE JOURS. | NOMBRE DE DEGRÉS THERMOMÉTRIQUES. |
|---|---|---|
| Février. | 18 | 54 |
| Mars... | 31 | 249 |
| Avril.... | 30 | 450 |
| Mai..... | 31 | 669 |
| Juin..... | 25 | 607 |
| Total.... | 135 jours. | 2029° |

Ainsi le blé de Tachkent met 135 jours pour mûrir ses épis et reçoit, pendant ce temps, une somme de chaleur que le thermomètre à l'ombre, accuse par 2029 degrés. Comparons ces chiffres avec ceux des autres stations.

| | |
|---|---|
| Blé de Tachkent........................ | 135 jours; 2029°c |
| Blé de Sainte-Marie-du-Mont........... | 270 jours; 2365°c |
| Blé d'Orléansville...................... | 180 jours; 2432°c |
| Blé de Calève.......................... | 165 jours; 2134°c |

Nous voyons par ce rapprochement de chiffres obtenus dans quatre stations différentes de climat et de latitude, que le blé de Tachkent reçoit la moindre somme de degrés thermométriques répartis sur le moins grand nombre de jours. A quelle cause attribuer cette différence ?

Si nous désignons par D, la durée de la végétation, par $t$, une température moyenne tirée de la somme des températures diurnes pendant le temps de la végétation, nous aurons $D \times t = S$, S étant le nombre de degrés thermométriques exprimé plus haut.

Le facteur $t$ est la résultante des observations du thermomètre à l'ombre. Or, la plante n'est pas un thermomètre ; elle est exposée aux rayons directs du soleil et se comporte différemment ; elle est soumise à d'autres influences que le thermomètre.

L'atmosphère agit évidemment comme un écran dont la nature change suivant le degré hygrométrique de l'air. On sait que l'eau absorbe une partie des radiations thermiques et lumineuses dans le rouge et le jaune du spectre solaire.

Une partie de ces déperditions de radiations n'est pas accusée par le thermomètre à l'ombre, mais elle agit sur la plante verte. Les rayons thermiques et lumineux du spectre sont d'autant plus actifs pour la plante que l'atmosphère est plus sèche. C'est ce qui est en partie cause, il me semble, de la différence que nous observons entre les chiffres de Tachkent et ceux des autres stations. Dans le climat continental du Turkestan, en effet, l'air est extrêmement sec, tandis que Sainte-Marie-du-Mont et Orléansville sont situés dans la zone du climat maritime où l'air est relativement beaucoup plus humide.

Les rayons peu ou moyennement réfrangibles actionnent le verdissement de la chlorophylle, la décomposition de l'acide carbonique, la formation de l'amidon, etc. Or, si une partie de ces radiations est absorbée, il faut que cette soustraction, qui se fait au détriment de la plante, soit compensée : *a*) par une durée plus longue des radiations (D augmente) ; ou *b*) par une plus grande intensité de radiation ($t$ augmente). La première condition est celle de nos climats tempérés[1] ; la seconde, celle d'un climat tropical. La quantité de radiations soustraites par l'écran atmosphérique varie d'ailleurs d'une époque à l'autre dans la même région, suivant le degré hygrométrique variable de l'air.

L'influence de cette cause se fait sentir, quoiqu'en moindre pro-

1. Tachkent est situé à 1500 pieds d'altitude dans la plaine, à environ 70 kilomètres de la montagne. Dans la montagne, le Kohistan, par exemple, la durée moyenne de la végétation du blé est de 152 jours (districts de Falgar et de Matcha). Le climat de cette région montagneuse, située à environ 5500 pieds, se rapproche des climats tempérés.

portion qu'à Tachkent, sur le chiffre de Calève, cette localité étant située sous un climat plus continental que Sainte-Marie-du-Mont. La différence de degrés thermométriques entre ces deux stations est de 231 degrés en moins pour Calève. A Tachkent, le blé reçoit une certaine somme de chaleur accusée par 2029 degrés thermométriques. C'est 403° de moins qu'à Orléansville, 336° de moins qu'à Sainte-Marie-du-Mont et 150° de moins qu'à Calève. Une partie au moins de cette différence donne la mesure de la quantité de radiations absorbées par la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère.

Si le raisonnement est juste, il faut que dans un climat où l'atmosphère est très chargée, cette différence soit encore plus grande, c'est-à-dire qu'il faut une plus grande somme de chaleur indiquée par le thermomètre. A ce point de vue, il serait intéressant d'avoir des observations détaillées de l'Inde ou de l'Amérique tropicale. Je citerai, à ce propos, les chiffres suivants que M. Boussingault donne pour la culture du maïs : en Alsace, la température moyenne diurne durant le temps de la végétation du maïs est de 16,7° C. ; à Alais, cette température est de 22,7° C., et aux embouchures de la Madeleine, elle est de 27,5° C.

Nous avons dit plus haut que l'intensité des radiations pouvait suppléer à la durée. Ceci paraît n'être vrai que dans une certaine mesure et dans un certain cas. Si on examine, comme l'ont fait MM. Tisserand et Schubeler[1] la végétation du blé sous les hautes latitudes, on voit que la durée absolue de la végétation des plantes cultivées va en diminuant à mesure qu'on s'avance vers le pôle. Le blé, pour mûrir, met bien moins de temps en Norvège que sous nos latitudes. Du blé indigène cultivé à Christiania, exige 90 jours de végétation, et reçoit pendant ce temps, une somme de chaleur exprimée par 1275 degrés thermométriques. Le ciel est très nuageux à Christiania, il y tombe jusqu'à 2m,30 d'eau par an. Il est vrai que le Gulfstream échauffe l'atmosphère et le sol et que le jour, au lieu d'avoir une longueur de 14 heures et demie pendant la saison comme chez nous, est en moyenne de 17 heures et demie; mais, néanmoins, les chiffres qui représentent le nombre de jours et la somme de chaleur, restent bien au-dessous de ceux qu'on obtient en France, et plus au sud. Il y a vraisemblablement là un phénomène d'adaption de la plante

1. *Mémoires de la Société centrale d'agriculture de France*, 1875.

au climat. Ce qui semble le prouver c'est que : 1° d'après une observation de M. Schubeler, la variété de blé du pays est toujours plus précoce que les variétés tirées de l'étranger ; 2° les plantes qui sont cultivées sous les hautes latitudes, transportées dans le sud, mettent beaucoup moins de temps à compléter leur développement que les plantes du pays. Je citerai à cet égard des essais de culture que M. Korolkoff a tentés à Samarcande. Le froment et l'orge de Sibérie y viennent admirablement et donnent un rendement bien supérieur à celui des variétés du pays. Le 5 juin, les variétés de Sibérie, me paraissaient avoir au moins quinze jours d'avance sur les variétés indigènes. Le blé a donc acquis par adaptation certains caractères, fixés par l'hérédité qui en font une variété. Ces caractères d'ailleurs, peuvent s'éteindre comme le démontrent les expériences : la précocité qui distingue le blé et l'orge de Norvège, cultivés sous nos latitudes, tend à disparaître après un certain nombre d'années.

Enfin, la capacité calorifique du sol n'est pas sans influencer les progrès de la végétation du blé. Un sol, relativement mauvais conducteur de la chaleur, comme le loess du Turkestan, chauffé fortement pendant la journée (jusqu'au-delà de + 50°C), continue, malgré le rayonnement nocturne, à garder pendant la nuit autour de la plante une atmosphère dont la température se rapproche davantage de la température optimum.

En résumé, je crois que la loi énoncée plus haut devra être modifiée ainsi : Dans une même région, une variété de blé, depuis longtemps indigène dans le pays, exigera pour compléter son cycle de développement, une somme de chaleur sensiblement égale. En vertu de la formule $D \times t = S$ ou $D = \frac{S}{t}$, connaissant la valeur approximative de S et de $t$, on arrivera à celle de D. La valeur de S sera établie expérimentalement par un grand nombre d'observations afin d'arriver à une bonne moyenne que les variations de $t$ modifieront en plus ou en moins. La différence entre le quotient $D' = \frac{S'}{t'}$ d'une époque quelconque de la saison et le quotient de la formule finale $D = \frac{S}{t}$, soit $D - D'$, sera la prévision approximative de l'époque des récoltes.

Parmi les causes de variations de $t$, nous avons compté le degré hygrométrique de l'air, la capacité calorifique du sol, l'exposition, etc.

Pour la culture des variétés de blé étrangères, il faudra tenir compte du climat des pays d'où elles proviennent, car les suites héréditaires de l'adaptation se feront sentir d'autant plus fortement que le climat du pays de provenance sera plus différent et que la variété aura été plus longtemps indigène dans ce pays. Nous sommes ici en présence d'un sujet intéressant d'études expérimentales à entreprendre : Examiner l'influence des différentes causes qui font osciller la valeur de *t*, en rechercher le degré d'action différent selon les climats et les latitudes, et arriver finalement à combattre dans une certaine mesure l'incertitude et l'aléa qui pèsent sur la bonne venue et la récolte des moissons. Alors le colon des pays chauds sera peut-être moins exposé aux tâtonnements longs et dispendieux pour arriver au meilleur choix de ses semences. Ce qui a été dit pour la culture du blé, s'applique en général à celle des autres céréales.

---

## PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

---

### Physiologie végétale.

*De l'orientation des feuilles par rapport à la lumière*, par M. E. Mer[1]. — Les feuilles se groupent en deux catégories auxquelles correspondent des différences importantes dans la structure, les unes (parhéliotropiques), reçoivent la lumière parallèlement à leur surface, et c'est précisément parce qu'elles sont éclairées également sur tout leur contour, qu'elles ont une structure homogène ou symétrique, les autres (diahéliotropiques), reçoivent les rayons lumineux normalement à leur surface, et présentent en conséquence une structure hétérogène ou dyssymétrique; entre ces types extrêmes, il s'en trouve une foule d'intermédiaires, offrant dans leur situation tous les degrés d'obliquité par rapport à l'horizon et dans leur structure autant de variations correspondantes.

Exprimée d'une manière aussi générale, cette théorie nous paraît inadmissible. Les relations entre la structure des feuilles et leur position ne sont pas aussi simples que le professe M. Mer. L'humidité de l'air et du sol peut directement ou indirectement influencer la structure centrique ou bifaciale[2] de la feuille, souvent sans en modifier l'orientation relativement à l'horizon. Peut-être même M. Haberlandt[3] n'a-t-il pas complètement tort en opposant aux

1. *Comptes rendus*, 1883, 16 avr., p. 1156.
2. Voyez pour la définition de ces termes: de Bary, *Vergleichende Anatomie*, p. 422. — Vesque. L'espèce au point de vue anatomique, *Ann. d. sc. nat.*, 6e s., t. XIII, p. 28.
3. Haberlandt, *Jahrb. f. wissensch. Bot.*, XIII, p. 74.

idées de M. Stahl[1] une explication toute différente sur le rôle des cellules en palissades. Pour nous, nous croyons provisoirement à la double influence de l'angle d'incidence et de l'énergie de l'éclairage et de la nécessité d'un écoulement rapide des produits de l'assimilation; cette dernière influence nous paraît évidente, par exemple, dans la structure des feuilles du Pourpier[2] dont les cellules en palissades, recouvertes sur les deux faces de parenchyme ordinaire, rayonnent autour des faisceaux, malgré le port couché de cette plante. Il serait en outre facile de trouver un grand nombre de plantes à feuilles planes, de structure centrique, et parfaitement diahéliotropiques. Nous croyons enfin pouvoir compléter les observations de M. Mer en disant qu'il n'est pas nécessaire que l'éclairage soit égal sur tout le contour de la feuille *en même temps*, mais que l'éclairage peut s'égaliser par la marche apparente du soleil ainsi que cela se produit sur les feuilles du *Lactuca scariola* orientées suivant le méridien.

La situation des feuilles dans l'espace est déterminée par la combinaison de la pesanteur et de l'action directrice de la lumière. On le démontre en les soumettant renversées à une lumière unilatérale quand elles sont encore dans une période de croissance : celles de la première catégorie (parhéliotropiques), se placent, sans se retourner dans sa direction, tandis que celles de la seconde se retournent par une torsion plus ou moins prononcée du pétiole, de manière que la face supérieure du limbe se trouve dans un plan perpendiculaire à cette direction[3].

M. Mer étudie avec beaucoup de perspicacité ces divers phénomènes sur les feuilles de l'*Abies excelsa*. On sait qu'en général les feuilles de la flèche sont dressées verticalement et appliquées contre la tige, que celles des rameaux latéraux, au contraire, sont étalées dans un plan sensiblement horizontal. Les deux facteurs antagonistes qui déterminent la position des feuilles étant le géotropisme et l'action directrice de la lumière, il démontre que si les feuilles sont verticales, c'est que le géotropisme a triomphé de l'autre force directrice. « Si une flèche, douée d'une végétation active, se développe renversée, les aiguilles s'écartant d'elle prennent une direction sensiblement horizontale, tandis que sur des rameaux peu vigoureux, placés dans la même situation, les aiguilles demeurent pendantes. Dans le deuxième cas, les aiguilles insérées sur la face supérieure du rameau, se distinguent déjà par un léger aplatissement; elles présentent leur tranche à la lumière pour ne pas se porter mutuellement om-

1. Stahl, *Ueber den Einfluss der Richtung u. Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen. Bot. Zeit.*, 1880, n°s 18 et suiv. — *Compasspflanzen, Ienaïsche Zeitschrift f. Naturwissensch.*, XV. N. F. VIII.

2. Vesque. Caryophyllinées. *Ann. d. sc. nat.*, 6e s., t. XV, pl. 7, fig. 11. Voyez plusieurs figures dans l'*Histotaxie* de M. Duval-Jouve.

3. Comparez les recherches de Sachs, de Frank, de Hofmeister, de Wiesner, etc. On trouvera l'énumération complète de ces ouvrages dans : *Pfeffer, Pflanzenphysiologie*, p. 300.

Nous pouvons ajouter à ces faits une observation d'A. Braun sur un rameau renversé du *Taxus baccata* (If.) Les pétioles des jeunes feuilles ne se sont nullement tordus, mais le mésophylle s'est développé à l'envers, de sorte que les cellules en palissades correspondent au côté libérien du faisceau. Nous ignorons si cette observation a jamais été publiée, nous la tenons d'une communication orale de M. A. Braun lui-même.

brage[1] »... « A la face inférieure du rameau où leur aplatissement est plus sensible encore, elles s'écartent de part et d'autre, par une torsion du pétiole pour s'étaler horizontalement en diahéliotropisme, ménageant ainsi entre elles un espace libre ou raie longitudinale. Ce déplacement latéral, plus accentué dans les régions montagneuses où le jour est plus voilé, leur permet de se soustraire à l'ombre du rameau. En même temps, elle fait avec ce dernier des angles variables, de manière à se placer au-dessous des espaces restés libres entre les aiguilles des rangées supérieures. »

« Un jeune haricot garni de deux feuilles étant placé devant une fenêtre de manière que le plan de symétrie des deux feuilles soit perpendiculaire à la fenêtre, la feuille la plus rapprochée du jour s'abaisse, tandis que l'autre se relève; toutes deux tendent à présenter leur face supérieure perpendiculairement aux rayons lumineux. « M. MER croit que la différence de ces mouvements dont le siège est dans les renflements moteurs » suffirait à prouver que l'apogéotropisme n'y prend aucune part, ou du moins que son influence est complètement effacée par l'action directrice de la lumière. » Nous craignons que cette conclusion ne soit un peu prématurée. Un haricot, fixé sur une roue tournant lentement dans un plan vertical et placé ainsi devant une fenêtre, abaisse complètement toutes ses feuilles dont les unes présentent à la lumière leur face inférieure, les autres leur face supérieure. Nous croyons, jusqu'à nouvelle preuve, que le relèvement de la feuille postérieure du haricot de M. MER, est dû aux effets *ajoutés* du géotropisme et du diahéliotropisme, et que l'autre s'est abaissée sous l'influence de la *différence* entre ces deux forces directrices. Il eût été interessant de mesurer les angles que chacune de ces deux feuilles formaient avec l'horizon.

M. MER termine cette intéressante communication par une observation qui semble l'embarrasser singulièrement.

« Lorsqu'un rameau de lilas est placé à l'obscurité après avoir été retourné, les feuilles qui le garnissent semblent se redresser et s'orienter à peu près comme elles le feraient au jour. De même, lorsqu'on soustrait à la lumière un bourgeon d'épicéa en évolution, on voit bientôt se dessiner à la face inférieure du rameau, la raie caractéristique. Ce résultat est-il dû à une action *inductive*[2] de la lumière ou à une influence héréditaire? » M. MER oublie le géotropisme. Quant à l'influence héréditaire, nous nous demandons laquelle l'auteur veut viser, l'habitude d'orienter les feuilles d'une certaine manière relativement à l'horizon? mais cette habitude est-elle vraiment autre chose que le géotropisme transversal? VESQUE.

*Quelques effets du climat sur la rapidité de croissance des végetaux*, par M. G. CAPUS[3]. — L'auteur décrit les résultats des mensurations qu'il a faites avec M. le général Korolkoff, au jardin botanique de Samarkande sur la rapidité de croissance de différentes espèces d'arbres et d'arbrisseaux, croissance

1. M. Mer prend ici l'*effet* pour la *cause*. Cela serait fort dangereux, si ce n'était, comme nous le croyons, qu'une simple manière de parler.

2. Nous ne comprenons pas très bien ce que M. Mer veut dire par ce mot.
Est-ce une action tardive de la lumière comme on le croirait d'après une notice antérieure du même auteur?

3. *Comptes rendus*, 1883, 16 avr., p. 1154.

**très rapide sous le climat du Turkestan. En 7 ans, le peuplier blanc atteint une hauteur de 15 mètres, un catalpa de 3 ans a donné une pousse annuelle longue de 5 mètres. Il attribue l'influence heureuse de ce climat sur la végétation à la coïncidence de l'époque des températures les plus favorables avec celle de la plus grande humidité du sol.**

*Recherches physiologiques sur les Champignons*, par MM. GASTON BONNIER et L. MANGIN [1]. — 1.) Les auteurs ont soumis les Champignons supérieurs (*Agaricus*, *Polyporus*, *etc.*), à une étude physiologique d'autant plus intéressante que ce sujet est presque vierge.

Nous passons sous silence le chapitre de la transpiration qui n'a donné et qui n'a pu donner que les résultats prévus, pour relever uniquement quelques points relatifs à la respiration. Plusieurs des conclusions des auteurs sont en désaccord avec les recherches antérieures, quelques-unes paraissent même révéler chez les champignons des phénomènes inattendus.

Nous suivrons pas à pas les diverses propositions des auteurs en y rattachant quelques observations.

Dans toutes les expériences, le volume de l'oxygène absorbé est supérieur au volume de l'acide carbonique émis; le rapport entre les volumes de gaz échangés est voisin de 0,6.

Ce n'est pas ce qu'a trouvé autrefois MARCET [2]; dans trois expériences qu'il a faites sur le *Lycoperdon* et sur un *Agaricus*, le volume du gaz confiné est resté exactement le même; la somme de l'oxygène et de l'acide carbonique dans le gaz final est égale au volume de l'oxygène initial, à 0,2 cc. près. Dans les autres essais que nous trouvons reproduits dans le *Traité de physiologie* de Sachs, le volume a augmenté, évidemment parce que l'oxygène était presqu'entièrement absorbé et que le phénomène a été troublé par la respiration dite intramoléculaire.

2.) Lorsque les champignons sont enfermés dans de l'air confiné, le rapport $CO^2 : O$ ne change pas pendant un certain temps; lorsqu'on dépasse ce temps, l'oxygène est bientôt entièrement consommé; il se produit alors la fermentation intérieure caractérisée par la formation d'alcool et d'acide carbonique. Les auteurs ne signalent pas le dégagement de l'hydrogène par les champignons riches en mannite. On sait que ce dégagement d'hydrogène découvert par de HUMBOLDT, constaté à plusieurs reprises depuis, a été expliqué récemment par M. MUNTZ, qui l'attribue à la fermentation de la mannite, sucre qui renferme 2 atomes d'hydrogène de plus que les hydrates de carbone; il sera intéressant de déterminer les conditions dans lesquelles ce dégagement d'hydrogène ne se produit pas.

3.) *Influence de la température.* La respiration augmente régulièrement avec la température, mais contrairement aux résultats obtenus par plusieurs auteurs [3] sur d'autres végétaux, le rapport du volume de l'oxygène absorbé

1. *Comptes rendus*, XCVI. Séance du 9 avr. 1883.
2. *Bibliothèque universelle de Geneve*, 1834, p. 393.
3. Dehérain et Moissan : *Ann d. sc. nat.* 5ᵉ s. XIX, 342.
Moissan, *ibid.*, 6ᵉ s. VII, 322. — M. Pfeffer exprime la même opinion : *Pflanzenphysiologie*, p. 359.

à celui de l'acide carbonique dégagé ne varie pas sensiblement avec l'élévation de la température. Cette différence, les auteurs l'expliquent par l'intervention d'autant plus importante de la respiration intramoléculaire que la température est plus élevée, l'oxygène étant plus rapidement enlevé à l'atmosphère confinée à une température élevée qu'à basse température. Les auteurs pensent donc que le passage de la respiration normale à la respiration intramoléculaire se fait insensiblement et non brusquement comme les dernières recherches de M. GODLEWSKI semblaient le prouver[1]. On savait déjà qu'il ne se produit aucune trace de respiration intermoléculaire lorsque l'air ne renferme que 17 p. 100 d'oxygène[2]; il semblait même d'après de SAUSSURE que la richesse en oxygène peut descendre jusqu'à la moitié[3] du volume primitif sans altérer la nature de la respiration.

4.) *Influence de l'état hygrométrique.* L'intensité du phénomène respiratoire augmente très sensiblement avec l'état hygrométrique de l'air.

5.) *Influence de la lumière.* Les expériences faites comparativement à l'obscurité et à la lumière diffuse ont montré que la lumière diffuse *diminue* la respiration.

On ne savait jusqu'à présent que peu de chose de l'influence de la lumière sur la respiration des plantes privées de chlorophylle, ou des plantes étiolées mais le peu qu'on savait tendait à faire croire que cette influence est minime et que la lumière *favorise* la respiration[4]. La différence observée par MM. BONNIER et MANGIN peut aller jusqu'à un tiers.

Il a été constaté enfin que l'intensité des phénomènes respiratoires est plus grande pour les rayons lumineux les plus réfrangibles (bleu et violet) que pour les, moins réfrangibles (jaune et rouge), bien que ceux-ci soient plus chauds. VESQUE.

*Du mouvement de l'eau dans les plantes*, par M. R. HARTIG[5]. — 1) *Quelle est la partie du bois qui conduit la sève ascendante?* Le duramen du chêne malgré la grande quantité d'eau qu'il renferme, est absolument incapable de conduire ce liquide, le bouleau, au contraire conduit l'eau dans toutes les parties du bois : quant aux arbres à bois noir, ils se divisent en deux catégories : les uns conduisent de l'eau dans le duramen et leurs fibres ligneuses renferment dans leurs cavités des quantités notables d'eau liquide (hêtre), les autres ont un duramen privé de cette faculté ; les cavités des fibres ligneuses ne contiennent pas d'eau, mais leurs parois en sont complétement saturée (épicéa).

1. Voy. *Annales agronom.*, janv. 1883.
2. Wolkoff et Mayer, *Landwirthsch. Jahrbücher*, t. III, 501.
3. Citation de M. Pfeffer, *Pflanzenphysiologie*, p. 373.
4. Wolkoff et Mayer : *l. c.* p., 516. — Cahours, *C. r.*, 1864, t. LVIII, p. 1206. — Drude : *Biologie von Monotropa*, 1873, p. 57. — Pfeffer, *l. c.*, p. 376.
5. *Bot. Zeitung*, 1883. Col. 250.
Les opinions diverses qui se sont manifestées dans ces derniers temps sur cette importante question, ont amené M. Hartig à étudier la distribution de l'eau et de l'air dans les arbres. Les résultats de ces recherches ont été publiés dans les « *Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut*, II, 1882 et III, 1883. Il en a donné en outre un résumé dans le *Bot. Zeit.* C'est ce résumé que nous traduirons et que nous ferons suivre de quelques observations.

Les organes qui servent à transmettre la sève sont reconnaissables à leurs ponctuations aréolées ; ce sont surtou les trachéides, et à certains moments les vaisseaux ; nous ignorons encore dans quelle mesure et pendant combien de temps les vaisseaux prennent part à ce phénomène dans les diverses parties du bois.

2) *Absorption de l'eau par les racines*. L'absorption de l'eau par les racines est presqu'entièrement indépendante de l'ascension de la sève dans le corps ligneux; elle est causée par les forces osmotiques de la racine vivante et en particulier des poils radicaux; elle ne dépend pas de la quantité d'eau que la plante exige. Cependant la sursaturation et par conséquent la compression de l'air contenu dans le bois peut la ralentir, de même qu'une très grande diminution de la pression de l'air inclus peut l'accélérer dans une faible mesure.

La rapidité do l'absorption dépend en première ligne de la température du sol et de l'état de végétation du système radiculaire, c'est-à-dire de la présence de radicelles délicates et de poils radicaux ; à un degré moindre de l'humidité du sol.

C'est ainsi qu'on peut expliquer que le maximum d'humidité du bois de hêtre, de chêne, de mélèze, de pin et d'épicéa correspond à la saison la plus chaude de l'année, malgré l'activité de la transpiration.

Le bouleau seul diffère sous ce rapport des autres essences forestières en ce que le maximum d'humidité de son bois s'observe de mars en mai ; en effet ses racines très superficielles subissent de bonne heure l'influence de la chaleur et entrent de bonne heure en végétation; elles n'exigent qu'une faible quantité de chaleur, cet arbre état adapté aux climats froids; de plus l'arbre étant, à cette époque, dépourvu de feuilles, le maximum d'humidité du bois est rapidement atteint.

L'activité des racines est plus ou moins complétement suspendue dans un sol froid (même non gelé). Le minimum d'humidité du bois tombe en général en mars-avril (sauf pour le bouleau).

3) *Les pleurs*. Lorsqu'une plante est tellement chargée d'eau que l'air inclus se trouve à une pression voisine de celle de l'atmosphère et que l'absorption par les racines continue sans que la transpiration puisse rétablir l'équilibre, l'air ne tarde pas à se comprimer et provoque ainsi les pleurs spontanés ou provoqués par une blessure[1]. Mais cet écoulement peut également se produire sans absorption correspondante, lorsqu'une plante saturée d'eau est échauffée par exemple par le soleil direct; cette élévation de température agit en augmentant la pression de l'air inclus qui tend à refouler l'eau des vaisseaux et des trachéides. C'est ainsi que l'érable pleure quelquefois au milieu de l'hiver, par une journée de soleil, alors que le sol est complètement gelé.

Le pouvoir osmotique des racines (poussée des racines) est *la seule* cause de l'absorption de l'eau par les plantes : son énergie dépend de la température des racines.

4) *Cause de l'ascension de la sève*. La cause de l'ascension de la sève dans le bois n'est dû qu'à la différence de pression de l'air contenu dans les différents organes, différence de pression qui chasse l'eau liquide de cellule en cellule, de bas en haut.

Les éléments conducteurs qui d'un côté se trouvent en communication avec

1. Les Allemands distinguent « le pleurer » (thränen) écoulement spontané, et « le saigner » (bluten), écoulement provoqué par une plaie.

le parenchyme transpirateur de la feuille, de l'autre, avec celui de la racine, présentent des parois extrêmement délicates, très perméables à l'eau; mais comme ces organes doivent se remplir partiellement d'air à une faible pression, il est indispensable qu'ils soient soutenus par une petite charpente solide qui en empêche l'écrasement; cette charpente consiste en épaississements annulaires et spiralés. C'est un fait caractéristique pour le rôle des vaisseaux trachéides annulés et spiralés qu'on ne les trouve que dans le bois primaire, qui, seul, touche *aux parenchymes* absorbants et transpirateurs.

Il serait impossible de construire une plante de grandes dimensions uniquement avec ces éléments; le bois secondaire doit, au contraire, consister en organes solides, à parois épaisses, mais alors presque imperméables à l'eau.

Comme je l'ai déjà dit antérieurement, la mobilité extrême de l'eau d'imbibition dans l'épaisseur des parois, admise par M. SACHS, n'existe pas. Les recherches de M. ELFVING confirment cette opinion.

Selon moi le passage de l'eau n'a lieu qu'à travers les parois délicates des ponctuations aréolées et même surtout à travers le bord extrêmement mince de ces parois. Le petit disque épaissi qui occupe le centre de cette membrane, tend la partie périphérique élastique et sert en même temps de soupape de sûreté, en s'appliquant, lorsqu'il y a différence de pression entre deux cellules voisines, sur l'orifice de l'aréole et en évitant ainsi les déchirures.

Dans les conifères, les ponctuations aréolées ne se trouvent que sur les parois radiales des fibres, le mouvement de l'eau ne se fait que dans le sens périphérique, en dedans d'un même anneau, tandis que dans les autres arbres la distribution de ces ponctuations est moins régulière et permet également la transmission dans le sens radical.

Les dernières trachéides seules de l'anneau du bois des conifères présentent d'innombrables petites ponctuations aréolées sur leurs parois tangentielles, destinées évidemment à conduire de l'eau au cambium qui doit entrer en végétation au printemps.

Il est enfin à remarquer que dans le sens radial les trachéides sont juxtaposées *au même niveau* et dans le sens tangentiel *à des niveaux différents;* cette dernière disposition seule permet le mouvement ascensionnel de l'eau, la première ne pouvant produire qu'un mouvement horizontal.

5) *Contenu des éléments conducteurs de l'eau.* Quelle que soit la saison, ces éléments contiennent de l'air et de l'eau. Les parois étant supposées complétement saturées d'eau, les fibres des arbres dicotylédones sont remplies au tiers et même aux deux tiers d'eau; dans les conifères on a trouvé au minimum deux tiers, au maximum neuf dixièmes. A l'exception du chêne, le contenu gazeux réel de ces fibres diminue de bas en haut, le contenu aqueux augmenterait donc de bas en haut si l'air était partout à la même pression.

Dans tous les éléments, la pesanteur de l'eau est annulée par la capillarité de sorte qu'il ne peut pas se produire de mouvement de descente en revanche, les feuilles perdent de l'eau, l'air se dilate dans les parties supérieures de la plante et cette diminution de pression se transmet jusqu'à la base parce que l'eau est refoulée de bas en haut, de cellule en cellule. On a trouvé par exemple que dans la couronne d'un arbre, la pression de l'air s'est réduite au cinquième et à la base, à la moitié de la pression initiale.

Vient-on à interrompre le courant liquide, en sciant les couches extérieures du bois jusqu'au noyau non conducteur, les pressions s'égalisent lentement dans toute la longueur du tronc, les aiguilles et l'écorce des parties supérieures de l'arbre se dessèchent quoique les cellules des éléments conducteurs soient encore remplies aux trois quarts d'eau liquide.

Plus l'absorption de l'eau par les racines est lente relativement à la perte par transpiration, plus l'air se raréfie à la base de l'arbre; par conséquent les pressions de l'air au sommet et à la base sont plus voisines et le mouvement ascensionnel de l'eau est ralenti.

Et inversement, plus l'absorption est forte et plus l'air est comprimé dans les parties inférieures du tronc; si en même temps la transpiration est très active il doit naître ainsi des différences de pressions considérables qui activent le mouvement de l'eau.

C'est ainsi que l'énergie de l'absorption favorise l'ascension de la sève et la transpiration, car le parenchyme des feuilles perd plus d'eau lorsqu'il en est saturé que lorsqu'il en est faiblement pourvu.

La transpiration au contraire n'exerce qu'une influence minime ou même nulle sur l'absorption.

On voit qu'en somme ce travail important, comme tous ceux qui ont été publiés dans ces derniers temps, est opposé à la théorie de M. Sachs. Il se rapproche de celle de M. Bœhm que nous soutenons depuis si longtemps.

Si nous laissons de côté les questions de détail telles que le fonctionnement des ponctuations aréolées et des vaisseaux du bois primaire, la partie originale de ce mémoire comparé aux travaux de M. Bœhm peut se résumer en peu de mots :

« L'intervention de l'osmose des racines est beaucoup plus importante que ne le croit M. Bœhm ; elle est en général telle que la pression dans les organes tout à fait inférieurs est voisine de celle de l'atmosphère et que celle-ci ne peut exercer une influence considérable sur la pénétration de l'eau du sol dans les racines. C'est au contraire la poussée des racines qui règle en quelque sorte la vitesse de l'ascension de la sève et indirectement la transpiration, en comprimant l'air contenu dans les éléments de la partie inférieure de l'arbre et en créant ainsi des différences de pression notables dans les éléments superposés. »

Nous n'avons malheureusement pas sous la main le travail in extenso. Il serait en effet important de savoir de quelle manière l'auteur parvient à distinguer l'effet de l'osmose de celui de la pression atmosphérique. Si, comme il le dit, la pression de l'air à la base de l'arbre est égale à la moitié de l'atmosphère il est évident que la pression atmosphérique doit chasser l'eau du sol dans les racines. Que des tissus parenchymateux soient interposés entre les éléments aérifères et l'eau du sol, cela ne peut rien y changer; et à ce propos, nous faisons remarquer que M. Hartig, a négligé entièrement, du moins dans ce résumé, la partie de la théorie de Bœhm relative au fonctionnement des cellules parenchymateuses entièrement remplies d'eau mais dans lesquelles l'élasticité des parois cellulosiennes remplace celle de l'air contenue dans les éléments du bois. Pour que ce jeu, comparable à celui d'une poire de caoutchouc dont les parois seraient perméables à l'eau, soit possible, il faut que les cellules soient entourées de méats aérifères, et, de fait, on ne les trouve nulle part

aussi régulièrement développés que précisément dans le périblème de la racine.

M. HARTIG n'exclut pas l'influence de la pression atmosphérique d'une manière absolue.

Dans tous les cas, elle doit intervenir lorsque le sol étant pauvre en eau, l'absorption a été faible pendant longtemps et l'air inclus à une faible pression qui peut même subir une diminution nouvelle par le rayonnement nocturne; s'il survient alors une pluie ou une forte rosée il est évident que la pression atmosphérique vient s'ajouter à la poussée des racines. Il serait facile de multiplier des exemples de ce genre.

La théorie de l'imbibition étant enfin à peu près généralement abandonnée, le nœud de la question est actuellement l'évaluation exacte de la poussée des racines.

VESQUE.

## Phylloxéra.

*Compte rendu des travaux du service du phylloxera* (Imprimerie nationale; 1883). — Le nouveau volume publié par la direction de l'Agriculture présente cette année un intérêt exceptionnel; il s'en dégage, en effet, cette conclusion que les vignerons français ont repris courage et luttent énergiquement contre le fléau qui a failli amener leur ruine complète; les tableaux annexés à l'important mémoire du rapporteur M. TISSERAND, directeur de l'Agriculture, montrent que le vignoble de nos nombreux départements atteints par le phylloxerra, comprenait avant l'invasion 2 415 986 hectares; les ravages de l'insecte ont amené la disparition de 763 799 hectares, il semblerait donc que la surface actuelle couverte en vignes ne devrait être que la différence entre ces deux chiffres, elle est beaucoup plus étendue puisqu'elle comprend 1 995 290 hectares; il y a donc eu plus de 300 000 hectares replantés.

Si on a replanté un peu imprudemment, dans des contrées où la destruction de la vigne est rapide, on a, en revanche, couvert de ceps tous les sables du littoral où les nappes d'eau douces peuvent fournir à la vigne l'alimentation qui lui est nécessaire et nous avons rappelé récemment l'analyse si précise qu'a donné M. Barral des succès du vignoble d'Aigues-Mortes.

Le nombre d'hectares qui ne jouissent pas de l'immunité que conserve les sables, mais qui soumis à des traitements réguliers est cependant très restreint jusqu'à présent : la submersion ne s'étend qu'à 12 543 hectares sur lesquels la Gironde et les Bouches-du-Rhône en comprennent chacun 3000, l'Hérault 2000, le Gard 1600; viennent ensuite l'Aude et Vaucluse, les autres départements n'ont que des chiffres insignifiants.

L'emploi du sulfure de carbone s'étend sur 17 121 hectares, les sulfocarbonates sont appliqués seulement sur un peu plus de 3000 hectares, enfin les vignes américaines couvrent 17 000 hectares; l'Hérault à lui seul a 10 928 hectares de ces plans qui résistent bien mieux que nos vignes françaises, le Gard en a 2000 hectares, le Var 1200, la Vaucluse 600, les autres départements des surfaces infiniment moindres.

Le volume, publié par l'Administration, renferme plusieurs rapports des délégués du ministère et notamment, le travail de M. Balbiani sur la destruction de l'œuf d'hiver[1], les instructions de M. Foex, directeur de l'École de

1. *Ann. agron.*, tome IX, p. 91.

Montpellier, sur la plantation des vignes américaines, un grand nombre de rapports des comités d'études et de vigilance des départements, puis ceux des présidents des syndicats formés dans les divers arrondissements phylloxérés. M. Tisserand fait remarquer avec juste raison que la fondation de plus en plus nombreuses de ces associations de propriétaires sont d'un excellent présage :

« En 1879, dans quatre départements on comptait 153 propriétaires syndicant 390 hectares.

» En 1880, dans quinze départements il y avait 1507 propriétaires syndicant 6672 hectares.

» En 1881, dix-neuf départements avaient des syndicats comprenant 6330 propriétaires pour une surface de 17 686 hectares. En 1882 enfin, le nombre des départements s'élève à vingt-huit, celui des propriétaires à 12 338 et celui des surfaces syndiquées à 32 686 hectares. »

Il convient de remarquer que c'est surtout dans les départemsnts où le phylloxera exerce ses ravages depuis longtemps et où son œuvre de destrúction est la plus considérable que s'accentue le mouvement d'organisation des syndicats; on sent alors combien il importe de lutter pour sauver ce qui reste du vignoble.

« J'ajouterai que l'examen de la liste des départements dans lesquels se constituent ces associations révèle un fait de bon augure et démontre de nouveau le revirement que je vous signalais plus haut et qui s'est produit dans les esprits des vignerons si réfractaires autrefois aux efforts faits par l'administration pour les protéger.

En effet, parmi les départements dans lesquels le mouvement des syndicats s'est manifesté avec le plus d'entrain, figurent, cette année la Côte-d'Or et la Savoie. Or, il est bon de rappeler à ce propos, qu'il y a deux ou trois ans, alors que les traitements administratifs étaient exécutés dans ces départements, des menaces étaient proférées contre les agents chargés de l'exécution des arrêtés, des procès intentés à l'État et que les barils de sulfure de carbone étaient défoncés et jetés dans les cours d'eau. »

Le volume de l'*Administration de l'agriculture* renferme encore quelques rapports de nos consuls qui permettent de constater que l'Italie a réussi jusqu'à présent à se préserver; qu'on a découvert le phylloxera en Crimée à Tiflis, mais que dans cette dernière localité on croit avoir éteint la tache peu étendue qui a été constatée; que le Portugal commence à avoir des craintes sérieuses ainsi que la Californie.

## Chimie agricole.

*Recherches sur la dialyse des terres arables* par A. Pétermann. — Notre collaborateur M. A. Pétermann, directeur de la station agronomique de Gembloux (Belgique) a publié récemment un mémoire d'un haut intérêt.

On sait que les physiologistes discutent depuis longtemps sur l'origine du carbone des végétaux : les uns adoptant les idées professées par Liebig admettent que tout le carbone des plantes provient de l'acide carbonique décomposé dans la cellule à chlorophylle, les autres pensent avec Th. de Saussure que l'humus, que la matière organique du sol peut être assimilé et servir directement d'aliment à la plante.

On avait objecté à cette manière de voir une expérience exécutée il y a

quelques années par M. GRANDEAU, doyen de la faculté des sciences de Nancy, qui, grand partisan des idées de Liebig, avait cru pouvoir les soutenir par une expérience de dialyse, dans laquelle il comparait le papier parchemin du dialyseur à la membrane de la racine au travers de laquelle doit passer la matière dissoute pour pénétrer dans la plante et être entraînée par l'eau jusque dans les organes aériens.

L'expérience de M. GRANDEAU qui a été repétée souvent dans les cours de chimie agricole consistait à préparer la matière ulmique du sol par un traitement par l'ammoniaque, on obtient ainsi une dissolution brune qui mise dans un appareil dyaliseur laisse passer des matières minérales, sans aucune trace de matière organique; on en avait conclu que la matière organique ne traversant pas le dyaliseur ne saurait être absorbée par la racine et que son rôle doit se borner à dissoudre la matière minérale, ce serait un intermédiaire utile, mais non un aliment.

On pouvait faire à ces conclusions plusieurs objections : les deux principales sont : que rien ne démontre que la membrane du papier parchemin possède les mêmes propriétés de dialyse que la racine des végétaux ; et la seconde que la matière extraite du sol par l'ammoniaque est peut-être une matière formée au moment même de l'extraction, par l'action simultanée de la base et de l'oxygène, et ne préexiste pas dans le sol. J'étais d'autant plus porté à croire qu'il en est ainsi que j'avais reconnu que sous l'influence d'un courant d'air l'action des alcalis sur la terre arable est bien plus énergique qu'en présence de l'acide carbonique[1]; toutefois, la question restait indécise avant les intéressantes expériences de M. PÉTERMANN.

Cet habile agronome a eu l'idée d'appliquer sur des terres de diverses origines un dyaliseur renfermant de l'eau distillée, puis d'examiner la composition du liquide dans lequel s'étaient diffusées les matières solubles du sol. Il a obtenu les résultats suivants p. 100 grammes de terre fine soumis à la dyalise pendant 100 jours.

| Natures des terres. | Poids total de la matière dyalisée. | Matière organique dyalisée. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Sablonneuse (Bruges) | 0.074 | 0.038 |
| Sabloschisteuse (Ardennes) | 0.041 | 0.012 |
| Calcaroschisteuse (Ciney) | 0.165 | 0.066 |
| Sablo argileuse (Gembocen) | 0.263 | 0.181 |
| Argilo sablonneuse (Volhynie) | 0.051 | 0.025 |
| — — (Moldavie) | 0.019 | 0.038 |

Ces expériences démontrent donc que la matière ulmique normale passe au travers du papier parchemin et que les conclusions que M. GRANDEAU avait tirées de son expérience doivent être abandonnées.

Nous avons voulu répéter l'instructive expérience de M. PÉTERMANN, nous avons reconnu qu'une terre très chargée d'humus avait donné après huit jours de dyalise, dans 50$^{cc}$ 0gr,077 dont 0gr,040 de matière organique, et qu'une terre arable ordinaire avait fourni les chiffres suivants encore dans 50$^{cc}$ : matière

1. *Revue scientifique*, 2e série, t. XIX, p. 513, 1880.

sèche 0gr,07 renfermant 0gr,019 de matière organique, en enlevant l'eau qui avait reçu les substances dyalisées, on obtient un liquide encore chargé de matière organique, de telle sorte que les chiffres précédents sont bien loin de représenter la quantité de matière organique diffusible que renferment les 200 grammes de terre employés.

Si on rapproche ces résultats de ceux que M. Bréal et moi nous avons rapportés récemment sur l'action de l'ulmate de chaux sur le développement de jeunes plantes enracinées dans l'eau et alimentées, soit avec de l'ulmate de chaux, soit avec des matières minérales, on arrivera sans doute à cette conviction que la matière organique du sol peut servir directement d'aliments à la plante. P.-P. D.

*Étude sur la canne à sucre, 2e mémoire*, par M. J. Rouf[1]. — M. Rouf vient de publier à la Martinique une importante série d'analyses de cannes en voie de développement on arrivées à maturité. A l'époque où l'on coupe un hectare de cannes on trouverait en supposant qu'il y eut 50 000 pieds, un poids total de 161 722 kilos de plantes fraiches divisées en 121 700 kilos de cannes etêtées, 11 689 kilos, de sommets servant aux nouvelles plantations et 28 333 kilos de feuilles; celles-ci renferment environ la moitié de la matière minérale totale la silice et la potasse y sont particulièrement abondantes; la canne elle même renferme encore une proportion considérable de silice, mais la potasse ne s'y trouve qu'en minime proportion.

M. Rouf à particulièrement porté son attention sur la composition des cendres dont il a analysé un grand nombre d'échantillons; il a constaté en outre que la quantité d'azote contenue dans la récolte d'un hectare est de 146 kil. 241 gr. mais les feuilles laissées sur le sol en renferment 54 k, 942, les plantes 12 k, 467, de telle sorte que la fraction perdue est seulement de 78 k, 842; si les sols ne perdaient que ce qui leur est enlevé par les récoltes, ils auraient une richesses infiniment supérieure à celle qu'on y constate, habituellement, mais on a vu dans le recueil même[2] combien sont plus grandes les pertes qu'il faut attribuer à la nitrification, qui sans doute s'exerce très activement dans les pays tropicaux.

Quand on examine comment se répartit le sucre entre la canne étêtée et les plants on trouve que du 28 janvier au 12 mai jour de la récolte, 100 kilos de cannes renferment à peu près les mêmes proportions de sucre et de glucose 14 à 15 p. 100 de sucre et 0,7 à 0,6 de glucose, mais dans les sommets, la proportion de sucre va en croissant tandis que celle du glucose diminue constamment, on en jugera par les chiffres suivants rapportés à 100 kilos.

| | Sucre. | Glucose. | Total des sucres. |
|---|---|---|---|
| 28 janvier | 6.06 | 2.82 | 8.38 |
| 28 février | 7.03 | 2.34 | 9.37 |
| 8 avril | 8.06 | 1.56 | 9.61 |
| 2 mai | 8.36 | 1.61 | 9.97 |

M. Rouf ne donne pas de dosage de glucose ou de sucre dans les feuilles, il serait intéressant cependant d'apporter de nouvelles données à ce problème

1. Voyez *Ann. agron.*, t. V, p. 280.
2. *Id.*, t. VIII, p. 321.

encore non résolu : quels sont les hydrates de carbone, qui prennent naissance dans la feuille par la décomposition de l'acide carbonique et de l'eau et qui fournissent le sucre qui s'accumule dans la tige?

## Irrigations.

*Rapport sur les irrigations de la vallée du Pô*, par M. A. Hérisson. — Les *Annales de l'Institut agronomique* viennent de publier dans leur cinquième année un travail d'un vif intérêt écrit par un jeune auteur particulièrement compétent; après avoir passé par l'École polytechnique, M. Hérisson est entré à l'Institut agronomique, il était donc admirablement préparé par ses études d'agronome et d'ingénieur, à décrire les grands travaux publics de la vallée du Pô et à montrer les avantages qui ressortent d'un emploi judicieux des eaux d'irrigation.

Malgré les travaux déjà accumulés sur cette question par MM. Nadault de Buffon, Hervé-Mangon, Barral, malgré une bonne volonté évidente de la part des pouvoirs publics, nous en sommes encore pour les canaux du Rhône au travail des commissions, et aux discussions entre les projets de MM. Dumont, Chambrelent, Krantz et Léger [1]. Dans l'espoir de hâter la solution, on ne doit pas se lasser de revenir souvent sur ce sujet d'une importance de premier ordre pour nos départements méridionaux et le mémoire de M. Hérisson arrive à propos, pour faire saisir quelle source de richesse on a négligée jusqu'à présent en laissant les eaux de nos régions méridionales s'écouler sans profit à la mer.

Les quatre premiers chapitres du *Rapport* sont consacrés à l'orographie de la vallée du Pô, à l'étude générale des canaux d'irrigation, puis à la description, particulière du canal Cavour et des canaux de Casale, du canal Villoretti et des fontanelles.

Dans son cinquième chapitre l'auteur décrit la pratique des irrigations, elles s'étendent en Piémont sur 15, 20 p. 100 de la surface totale, la province de Novare la mieux partagée, a 28, 78 p. 100 de son territoire soumis à l'irrigation. Au lieu de ne s'appliquer qu'à une seule région cette proportion indique l'étendue moyenne de la surface arrosée en Lombardie; les eaux sont au reste très inégalement utilisées dans les diverses parties de cette province, tandis que Côme n'a pas 1 p. 100 de son territoire soumis aux irrigations, Milan en a 82, 80 p. 100. Dans la Vénétie et dans l'Émilie, le territoire irrigué n'atteint pas les 0,04 de la surface totale.

L'eau est surtout utilisée à l'irrigation des prairies. Quand on ne dispose que de l'eau des canaux on l'emploie à l'arrosage de prairies temporaires qui sont maintenues quatre années puis remplacées par des cultures de lin, de maïs ou de blé; quand au contraire, on peut utiliser les eaux souterraines des *fontanelles* dont la température pendant l'hiver reste assez élevée on établit des marcites qui forment la culture caractéristique de la vallée du Pô; elle s'étend dans le Milanais sur environ 5000 hectares. « La marcite n'est autre chose que de la prairie en serre chaude, le but à atteindre et le principe sont absolument les mêmes, les voies et moyens seuls sont changés. On veut obtenir la végétation de la prairie pendant l'hiver, mais au lieu d'employer des couvertures et

1. Voyez dans ce volume, page 95.

verre et du combustible, on se sert d'un voile d'eau qui interposé entre la terre et l'air empêche le refroidissement de celle-ci, on fait courir l'eau constamment sur la surface de l'herbe, par suite la consommation est énorme, elle est estimée à 3600 mètres cubes par jour. »

Le sol de la marcite est disposé en une série de larges billons, au sommet du biseau est creusé la rigole de déversement, elle envoie son eau sur les deux *ailes* qui présentent habituellement une largeur de 7 mètres, avec une pente de $0^m$ 20 à $0^m$ 30 pour les 7 mètres; la longueur des ailes varie de 20 à 50 mètres.

Tous les ados sont parallèles et un canal d'amenée perpendiculaire aux rigoles culminantes les alimente toutes. Les rigoles colatrices débouchent ordinairement dans un fossé colateur parallèle au canal d'arrivée et qui devient à son tour canal d'arrivée pour un système d'ados situé en aval du précédent.

Les marcites sont fumées deux fois par an ; chaque fumure est de vingt ou vingt-cinq tonnes de fumier d'étable que l'on mélange avec de la terre six mois à l'avance de façon que la matière soit à l'état pulvérulent. On sait que M. Barral dans ses importantes études sur les irrigations dans les départements de Vaucluse et des bouches du Rhône a également insisté sur la nécessité de fumures abondantes pour obtenir de l'eau les produits élevés dont elle n'est qu'un des éléments. Les rendements des marcites sont en moyenne de 70 500 kilos de foin vert par hectare et par an, correspondants à 16 000 kilos de foin sec, les prairies temporaires donnent en moyenne 7700 kilos de foin et les prairies permanentes arrosées 6700 seulement.

La culture du riz qui exige l'emploi de grandes quantités d'eau, et qui entraîne l'insalubrité complète des régons dans lesquelles elle est établie tend à diminuer en Italie, devant la concurrence que lui fait l'introduction du riz de l'Inde.

Aucune des autres cultures de la Lombardie ne présente les avantages des prairies les rendements sont en moyenne assez faibles, le blé donne 13h.8 en Lombardie, 10h.0 seulement en Piémont, l'avoine varie de 17h.5 à 16h.5 dans l'Émilie, le seigle et l'orge de 14 à 12 hectolitres.

Les irrigations ont fait la fortune de la vallée du Pô, on peut estimer qu'elles donnent à chaque hectare une plus value de 2 500 francs, pour les 1 260 000 hectares irrigués, ce serait une plus value totale de 3 150 000 000 francs.

Si l'on compare la production de la Lombardie, dont le territoire n'est qu'un 1/12 du territoire total de l'Italie, à celle du reste du royaume, on trouve que la Lombardie produit 1/2 du riz et du lin, 1/6 du maïs et des pommes de terre obtenus dans tout le royaume; elle possède 1/7 de la population chevaline et 1/5 de la population bovine. » La grande production fourragère obtenue à l'aide des irrigations est toute entière consacrée aux spéculations laitières, l'Italie exporte des quantités considérables de beurre et fabrique ce fromage renommé dit *Parmesan* dont elle consomme la plus grande partie.

La richesse du pays irriguée est considérable, elle avait déjà été signalée à la fin du siècle dernier par A. Young; et cependant la population rurale reste encore dans un état de misère et de pauvreté qui contraste péniblement avec le luxe des vêtements, des équipages des classes aisées. Il serait digne de l'esprit éclairé des Milanais, d'améliorer le sort des travailleurs qui sont les auxiliaires indispensables de la prospérité qu'amène l'emploi judicieux des eaux d'irrigation.

*Le Gérant:* G. MASSON.

Imprimeries réunies, B, Puteaux

# RECHERCHES

SUR LA

# VALEUR AGRICOLE DES DÉCHETS AZOTÉS DES INDUSTRIES

PAR

**A. PETERMANN,**

Directeur de la station agricole expérimentale de Gembloux.

## IV. — Le sang desséché.

La suite de nos expériences sur les déchets azotés des industries[1] nous a amené à étudier en 1882 le sang desséché.

L'utilisation rationnelle des quantités considérables de sang qui sont journellement produites dans les abattoirs[2] a fait des progrès réels. C'est ainsi que 32 échantillons de sang desséché examinés en 1880 et en 1881 à la station agricole de Gembloux ont donné un titre moyen de 11.23 p. 100 d'azote. Le sang desséché du commerce est d'une qualité satisfaisante, non seulement au point de vue de sa richesse en principes fertilisants, mais également en ce qui concerne l'état physique sous lequel il se présente. Sec, friable, pulvérulent, presque sans odeur, le sang desséché se prête facilement à l'emballage, au transport et à toutes les manipulations qu'exige son emploi agricole, telles qu'épandage à la main ou à la machine, etc. Les effets produits par cet engrais sont en rapport avec les qualités signalées. Déjà dans nos expériences de 1880, le sang desséché a agi efficacement; il s'est montré beaucoup supérieur au cuir moulu, et il a plus que doublé la récolte obtenue dans les pots sans fumure, et cela dans trois séries d'essais différents.

Pour arriver à une appréciation exacte de la valeur agricole du sang desséché, nous devions encore entreprendre de nouveaux essais, afin de le comparer à un engrais d'un effet parfaitement connu, tel que, par exemple, le nitrate de soude. Nous devions aussi l'expérimenter dans deux espèces de terre, de composition et de propriétés physiques différentes. C'est ce que nous avons fait en 1882.

1. Voir *Annales agronomiques*, t. II, p. 317, — t. VII, p. 218, — t. VIII, p. 77.
2. *Les Matières fertilisantes à l'exposition de Paris*, Bruxelles, Mayolez, 1880.

Nous renvoyons pour tout ce qui concerne la disposition générale des expériences entreprises en 1882 dans la serre, aux recherches antérieures, et nous nous bornons aux renseignements qui concernent spécialement les essais de cette année.

Terre employée : — Ire série, 15 bocaux avec sol sablo-argileux de Gembloux associé à 1/4 de son volume de sable quartzeux. IIme série, 15 bocaux avec sable de la Campine. Quatre kilog. de terre par bocal.

Les engrais employés par bocal étaient :

2gr,3787 de sang desséché à 10.51 p. 100 d'azote = 0gr,25 d'azote organique.
1gr,5843 de nitrate de soude à 15.78 p. 100 — = 0gr,25 d'azote nitrique.
1gr,0616 de phosphate précipité à 28.26 p. 100 d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin = 0gr,30 d'acide phosphorique.
0gr,3773 de chlorure de potassium à 53.01 p. 100 de potasse anhydre soluble dans l'eau = 0gr,20 de potasse.

*Notes de culture.* — Les engrais ont été enterrés le 17 mars à l'aide d'une spatule. Le lendemain on a semé, par bocal, 10 grains de froment de mars. — 24 mars, levée dans la série : argile. — 25 mars, dans la série : sable. — 3 avril, suppression de quatre plantes par bocal en laissant les six plus vigoureuses. — 29 avril, série sable : différence très forte des pots avec engrais sur les pots sans engrais, les derniers présentant des plantes très petites, faibles et jaunes. Supériorité incontestable du nitrate sur le sang; supériorité des bocaux « azote + acide phosphorique » sur les bocaux à « azote seul »; supériorité prononcée des bocaux « azote + acide phosphorique + potasse » sur les bocaux « azote + acide phosphorique ». — Série argile : en général, différence en faveur des pots fumés sur ceux n'ayant pas reçu d'engrais; la différence est cependant moins accentuée que dans le sable. Point de différence entre le sang et le nitrate. Les bocaux à « azote + acide phosphorique » très peu supérieurs à ceux à azote seul. Aucune différence appréciable entre les bocaux ayant reçu du chlorure de potassium et ceux n'en ayant pas reçu. — 29 mai, les épis se montrent dans les bocaux : « azote + acide phosphorique » et dans les bocaux : « azote + acide phosphorique + potasse » de la série : sable. — Le 30 mai, les épis sortent dans les bocaux correspondants de la série : argile. — 31 mai, on voit les épis dans les bocaux à azote de la série argile. — 1er juin, les épis sortent dans les bocaux sans engrais de la série : argile. — 5 juin, les épis sont visibles dans les bocaux sans engrais

et dans ceux à azote de la série : sable. — 6 juin, tous les bocaux qui ont reçu de l'acide phosphorique sont en fleurs. — 8 et 9 juin, floraison dans tous les autres bocaux de la série : argile. — 13 juin, idem pour la série : sable. — 14 à 17 juillet, la maturation avance. — La hâtiveté produite sous l'influence des phosphates se manifeste d'une manière très prononcée. Les épis des bocaux avec phosphates sont déjà secs et jaunes, tandis que ceux des bocaux sans engrais et particulièrement ceux à azote sont encore laiteux et verts. Cette différence est plus prononcée dans la série sable que dans les bocaux à argile. — On cesse les arrosages le 22 juillet dans la série argile et le 25 juillet dans la série sable. — 20 août, récolte.

Les rendements obtenus sont consignés dans les deux tableaux suivants; il est à remarquer que nous entendons par « épis longs » ceux qui ont plus de 0m10 de longueur, et par « épis courts » ceux qui n'ont pas atteint cette dimension. Les épis ont été coupés à la base du premier épillet, qui est toujours avorté.

## ARGILE.

| | NOMBRE des épis. | ÉPIS. longs | ÉPIS. courts | RÉCOLTE totale. | PAILLE. | BALLES. | GRAINS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sans engrais........................ | 11 | — | 11 | 27.81 | 17.20 | 1.74 | 8.87 |
| Sans engrais........................ | 8 | — | 8 | 26.14 | 15.82 | 2.50 | 7.82 |
| Sans engrais........................ | 10 | — | 10 | 24.45 | 14.90 | 2.41 | 7.14 |
| | — | — | — | — | — | — | — |
| Moyennes............ | 9.7 | — | 9.7 | 26.13 | 15.97 | 2.22 | 7.94 |
| I^re^ SÉRIE. — *Azote seul.* | | | | | | | |
| Sang desséché........................ | 21 | 5 | 16 | 62.63 | 36.90 | 6.51 | 19.22 |
| Sang desséché........................ | 20 | 6 | 14 | 61.50 | 35.62 | 5.99 | 19.89 |
| | — | — | — | — | — | — | — |
| Moyennes............ | 20.5 | 5.5 | 15 | 62.07 | 36.26 | 6.25 | 19.56 |
| Nitrate de soude..................... | 20 | 5 | 15 | 63.90 | 37.29 | 6.69 | 19.92 |
| Nitrate de soude..................... | 21 | 6 | 15 | 64.87 | 37.55 | 6.96 | 20.36 |
| | — | — | — | — | — | — | — |
| Moyennes.......... .. | 20.5 | 5.5 | 15 | 64.39 | 37.42 | 6.83 | 20.14 |
| II° SÉRIE. — *Azote + acide phosphorique.* | | | | | | | |
| Sang + phosphate précipité........ .. | 21 | 3 | 18 | 61.23 | 35.86 | 6.34 | 19.03 |
| Sang + phosphate précipité......... .. | 21 | 5 | 16 | 63.58 | 37.50 | 6.10 | 19.98 |
| | — | — | — | — | — | — | — |
| Moyennes............ | 21 | 4 | 17 | 62.41 | 36.68 | 6.22 | 19.51 |
| Nitrate de soude + phosphate précipité. | 21 | 6 | 15 | 64.56 | 37.95 | 6.68 | 19.93 |
| Nitrate de soude + phosphate précipité. | 19 | 11 | 8 | 64.60 | 39.05 | 6.23 | 19.32 |
| | — | — | — | — | — | — | — |
| Moyennes............ | 20 | 8.5 | 11.5 | 64.58 | 38.50 | 6.46 | 19.62 |
| III° SÉRIE. — *Azote + acide phosphorique + potasse.* | | | | | | | |
| Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium...................... | 19 | 9 | 10 | 62.71 | 37.02 | 6 07 | 19.62 |
| Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium...................... | 20 | 4 | 16 | 63.62 | 37.99 | 6.37 | 19.26 |
| | | — | — | — | — | — | — |
| Moyennes............ | — 19·5 | 6.5 | 13 | 63.17 | 37.51 | 6.22 | 19.44 |
| Nitrate de soude + phosphate précipité + chlorure de potassium........... | 21 | 9 | 12 | 66.71 | 39.02 | 7.07 | 20.62 |
| Nitrate de soude + phosphate précipité + chlorure de potassium............ | 20 | 5 | 15 | 62.91 | 37.69 | 6.23 | 18.99 |
| | — | — | — | — | — | — | — |
| Moyennes............ | 20.5 | 7 | 13.5 | 64.81 | 38.36 | 6.65 | 19.80 |

SABLE.

| | NOMBRE des épis. | ÉPIS. longs | ÉPIS. courts | RÉCOLTE totale. | PAILLE. | BALLES. | GRAINS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sans engrais | 6 | — | 6 | 7.47 | 4.75 | 0.81 | 1.91 |
| Sans engrais | 6 | — | 6 | 7.15 | 4.37 | 0.82 | 1.96 |
| Sans engrais | 6 | — | 6 | 7.67 | 4.45 | 0.85 | 2.37 |
| Moyennes | **6** | — | **6** | **7.43** | **4.52** | **0.83** | **2.08** |
| Ire SÉRIE. — *Azote seul.* | | | | | | | |
| Sang desséché | 7 | — | 7 | 15.39 | 8.50 | 1.70 | 5.19 |
| Sang desséché | 7 | — | 7 | 16.10 | 9.45 | 1.74 | 4.91 |
| Moyennes | **7** | — | **7** | **15.75** | **8.98** | **1.72** | **5.05** |
| Nitrate de soude | 12 | 3 | 9 | 27.93 | 16.95 | 3.11 | 7.87 |
| Nitrate de soude | 10 | 3 | 7 | 26.11 | 16.27 | 2.08 | 7.16 |
| Moyennes | **11** | **3** | **8** | **27.02** | **16.61** | **2.90** | **7.51** |
| IIe SÉRIE. — *Azote + acide phosphorique.* | | | | | | | |
| Sang + phosphate précipité | 13 | 3 | 10 | 30.56 | 17.67 | 3.35 | 9.54 |
| Sang + phosphate précipité | 15 | 2 | 13 | 28.23 | 16.70 | 3.18 | 8.35 |
| Moyennes | **14** | **2.5** | **11.5** | **29.40** | **17.19** | **3.27** | **8.94** |
| Nitrate de soude + phosphate précipité. | 14 | 4 | 10 | 32.87 | 18.72 | 3.54 | 10.61 |
| Nitrate de soude + phosphate précipité. | 16 | 4 | 12 | 29.36 | 17.10 | 3.35 | 8.91 |
| Moyennes | **15** | **4** | **11** | **31.12** | **17.91** | **3.45** | **9.76** |
| IIIe SÉRIE. *Azote + acide phosphorique + potasse.* | | | | | | | |
| Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium | 15 | 5 | 10 | 37.14 | 19.77 | 4.08 | 13.29 |
| Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium | 13 | 3 | 10 | 32.41 | 18.25 | 3.08 | 11.08 |
| Moyennes | **14** | **4** | **10** | **34.78** | **19.01** | **3.58** | **12.19** |
| Nitrate de soude + phosphate précipité + chlorure de potassium | 13 | 3 | 10 | 34.96 | 19.20 | 3.77 | 11.99 |
| Nitrate de soude + phosphate précipité + chlorure de potassium | 19 | 4 | 15 | 38.98 | 20.73 | 4.29 | 13.96 |
| Moyennes | **16** | **3.5** | **12.5** | **36.97** | **19.97** | **4.02** | **12.93** |

En examinant d'abord les chiffres du tableau de la série argile, nous trouvons que le rendement moyen des bocaux témoins a été de 7gr,94 de grain. Les récoltes de ces trois essais se rapprochent suffisamment pour que leur moyenne puisse nous servir de base à la discussion des résultats de nos expériences.

L'action des divers engrais se dessine d'une manière très nette en groupant les chiffres comme il suit et en déduisant l'augmentation produite comparativement aux pots sans fumure :

| | | Augmentation | |
|---|---|---|---|
| | grammes. | en grammes. | en p. c. |
| Rendement moyen des 3 pots : sans engrais.... | 7.94 | — | — |
| Rendement moyen des 2 pots : sang desséché... | 19.56 | 11.62 | 146 |
| Rendement moyen des 2 pots : nitrate de soude. | 20.14 | 12.20 | 154 |
| Rendement moyen des 2 pots : sang + phosphate .................................. | 19.51 | 11.75 | 146 |
| Rendement moyen des 2 pots : nitrate + phosphate.................................. | 19.62 | 11.68 | 147 |
| Rendement moyen des 2 pots : sang + phosphate + potasse............................... | 19.44 | 11.50 | 145 |
| Rendement moyen des 2 pots : nitrate + phosphate + potasse......................... | 19.80 | 11,86 | 150 |

Ce qui frappe le plus dans l'examen de ces chiffres, c'est l'effet considérable produit par l'azote. L'azote du sang et du nitrate employé à la dose de 0gr,25 par 4000 grammes de terre a non seulement augmenté considérablement le nombre des tiges produites par le même nombre de plantes, mais il a aussi produit des épis plus longs, presque triplé le rendement en grain et plus que doublé celui en paille. L'addition d'acide phosphorique et de potasse a été sans effet aucun, ce qui prouve que le sol expérimenté est encore suffisamment riche en matières minérales assimilables, pour que la fumure azotée seule ait pu produire autant que la combinaison de l'azote avec le phosphate et autant que l'engrais renfermant de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse. Ce résultat est entièrement d'accord avec nos essais de 1881 exécutés avec des betteraves au champ d'expériences, lesquels nous ont déjà fait écrire que dans la terre sablo-argileuse de Gembloux les engrais azotés sont toujours très actifs, tandis que l'acide phosphorique n'agit que médiocrement et que la potasse est d'un effet douteux.

Il résulte ensuite des chiffres de notre tableau, qu'il n'y a pas de différence sensible entre l'azote organique du sang desséché et

l'azote nitrique du nitrate de soude. Les faibles différences qui se sont manifestées et qui sont pour les trois séries respectivement de $0^{gr},58$, de $0^{gr},11$ et de $0^{gr},36$ tombent dans les limites des écarts inévitables de l'expérience. Il y a cependant à considérer que les différences entre l'azote du sang et celui du nitrate, quelque minimes qu'elles soient, sont pour les trois expériences régulièrement en faveur du nitrate, ce que l'on ne peut attribuer au hasard. On est donc tenté de conclure, déjà, pour cette première série d'expériences, à une faible supériorité du nitrate, d'autant plus que celle-ci est très manifeste dans le sol sablonneux. C'est aux résultats obtenus dans cette seconde série que nous passons maintenant.

| | | Augmentation | |
|---|---|---|---|
| | grammes. | en grammes. | en p. c. |
| Rendement moyen des 3 pots : sans engrais.... | 2.08 | — | — |
| Rendement moyen des 2 pots : sang desséché... | 5.05 | 2.97 | 143 |
| Rendement moyen des 2 pots : nitrate de soude. | 7.51 | 5.43 | 261 |
| Rendement moyen des 2 pots : sang + phosphate.................................... | 8.94 | 6.86 | 330 |
| Rendement moyen des 2 pots : nitrate + phosphate.................................... | 9.76 | 7.68 | 369 |
| Rendement moyen des 2 pots : sang + phosphate + potasse.............................. | 12.19 | 10.11 | 486 |
| Rendement moyen des 2 pots : nitrate + phosphate + potasse............................ | 12.98 | 10.90 | 524 |

Nous constatons tout d'abord, comme dans la première série, que l'azote a exercé une action des plus favorables. Le sang et le nitrate de soude ont considérablement augmenté le rendement en paille et en grain ; leur effet a encore été plus énergique dans le sol sablo-argileux. C'est d'ailleurs un fait fréquemment constaté que l'action des engrais est en raison inverse de la richesse du sol où on les applique. C'est la pauvreté de la terre employée qui est aussi la cause que, dans cette série d'essais, l'acide phosphorique et la potasse ont eu un effet manifeste, tandis qu'ils n'ont pas agi du tout dans le sol sablo-argileux. En effet, l'application simultanée de $0^{gr},3$ d'acide phosphorique et de $0^{gr},25$ d'azote a porté dans la série « sang » le rendement de $5^{gr},05$ à $8^{gr},94$ et dans la série « nitrate » de $7^{gr},51$ à $9^{gr},76$. Les cas dans lesquels l'application de chlorure de potassium lors de l'exécution d'essais comparatifs de fumure a produit une augmentation sensible de récolte, sont trop rares pour que nous ne devions pas nous arrêter un moment à cette

partie de nos essais de 1882. Une fumure complémentaire de 0gr,3772 de chlorure de potassium = 0gr,20 de potasse anhydre, a produit une majoration de récolte de 3gr,25 de grain et de 1gr,82 de paille, comparativement aux pots « sang + phosphate » et une majoration de 3gr,22 de grain et de 2gr,06 de paille, comparativement aux pots « nitrate + phosphate ». La potasse a donc favorablement agi lorsqu'elle a été associée à l'azote organique du sang, de même que lorsqu'elle a été associée à l'azote nitrique du nitrate de soude. En comparant les rendements des quatre derniers bocaux de la série « sable » au rendement des bocaux non fumés, on est frappé de la majoration de récolte que l'engrais complet est capable de produire. La récolte en grain a monté respectivement de 2gr,08 à 12gr,19 et à 12gr,98; celle de la paille de 4gr,52 à 19gr,01 et à 19gr,97, c'est-à-dire que le poids de la paille a plus que quadruplé et celui du grain a été sextuplé.

Un autre fait qui ressort des essais entrepris dans le sable et dont nous devons particulièrement tenir compte, c'est la différence qui s'est manifestée entre l'azote du nitrate et l'azote du sang en faveur du premier. L'azote nitrique a été supérieur à l'azote organique sur toute la ligne, aussi bien lorsqu'il a été employé seul que lorsqu'il a été associé au phosphate, ou associé au phosphate + chlorure de potassium.

Nous insistons encore sur un point qui se trouve consigné dans les notes de culture : c'est la hâtiveté de la végétation produite sous l'influence d'une fumure phosphatée. Déjà dans nos expériences de 1881, nous avions constaté que les épis de la série « azote + phosphate » ont apparu deux jours avant ceux des pots non fumés et trois jours avant les épis des pots ayant reçu seulement de l'azote. Ce phénomène s'est de nouveau montré dans les essais de 1882, et il a été même plus prononcé que l'année précédente. C'est ainsi que les pots « azote + acide phosphorique » et les pots « azote + acide phosphorique + potasse » de la série « sable » ont montré les épis le 29 mai, tandis que cette phase de végétation s'est accomplie le 5 juin seulement, dans les bocaux sans engrais et dans ceux ayant été fumés à l'azote seul. Le 6 juin, les plantes des pots à « acide phosphorique » étaient en fleurs, tandis que celles des pots « sans engrais » et à « azote seul » ont tardé jusqu'au 13 juin avant d'entrer en floraison. La même observation a été faite dans la série « argile ». L'influence que la fumure à phosphate exerce sur la

hâtiveté de la végétation a été observée par nous plusieurs fois déjà sur la betterave à sucre. L'emploi de superphosphate de chaux et de phosphate précipité est donc un excellent moyen d'annuler l'effet fâcheux que des engrais azotés à dose un peu élevée exercent sur la maturation de la betterave. Sans pouvoir donner dès maintenant une explication satisfaisante du rôle que joue l'acide phosphorique sous ce rapport, nous nous bornons à signaler ce que nous avons constaté.

En ce qui concerne la valeur agricole du sang desséché, nous pouvons résumer les expériences faites en 1880 et en 1882 dans les termes suivants :

*Le sang desséché employé seul ou combiné avec des phosphates et des sels de potasse en terre sablo-argileuse en bon état de fertilité et dans du sable presque stérile a plus que doublé la récolte du froment. Employé comparativement avec le cuir et le nitrate de soude, le sang a dépassé de beaucoup le premier; il est resté en arrière sur le nitrate de soude dans le sable, mais dans la terre sablo-argileuse, l'azote du sang n'a différé de l'azote nitrique que d'une manière à peine appréciable.*

Nous possédons, par conséquent, dans le sang desséché, une matière fertilisante azotée de tout premier ordre et on ne peut assez recommander aux abattoirs qui, jusqu'à présent, ont laissé perdre le sang, d'utiliser à la fabrication du sang desséché cette matière précieuse. Les intérêts de l'agriculture et ceux de l'hygiène publique sont, sous ce rapport, absolument solidaires.

Depuis quelque temps, on a cru voir dans l'extension de l'utilisation agricole du sang un danger pour la propagation du charbon. Autant ces craintes sont sérieuses en ce qui concerne l'application directe du sang frais ou des déchets de cadavres d'animaux comme engrais, autant elles nous paraissent peu fondées pour le sang desséché du commerce qui, lors de sa fabrication, est traité non seulement par un des désinfectants les plus puissants, une dissolution concentrée de protosulfate de fer, mais aussi soumis à l'influence d'une température élevée. Pour faire admettre le danger de la propagation du charbon par cette matière fertilisante, il faudrait d'abord démontrer la présence de la bactéridie vivante du charbon dans le sang desséché du commerce, ayant résisté à toutes les manipulations que la fabrication industrielle de cet engrais exige. Il ne suffit pas, en effet, de recueillir des cas où l'on a constaté des affec-

tions charbonneuses immédiatement après l'utilisation d'engrais artificiels, celles-ci pouvant aussi provenir de toutes autres causes.

Le premier groupe des expériences que nous avons entreprises dans le but de posséder des données permettant d'apprécier la valeur agricole de certains déchets azotés, fournis en abondance à l'agriculture par diverses industries, est terminé. Il comprenait : le cuir moulu, les déchets de laine, la laine dissoute et le sang desséché. Nous continuerons avec d'autres produits.

Nous avons donné à la fin du compte rendu annuel des essais de 1880, 1881 et 1882, les conclusions qui nous paraissaient ressortir de nos recherches. En ce qui concerne la valeur relative des matières essayées et leur valeur comparée au nitrate de soude, il résulte de l'ensemble de nos recherches, que ces matières doivent être classées comme suit, d'après leur efficacité en terre sablo-argileuse et sablonneuse et dans la première année de leur application :

Nitrate de soude ;
Sang desséché ;
Laine dissoute ;
Laine brute ;
Cuir moulu.

Le *Journal für Landwirthschaft* (1882, XXX) vient de publier une série de recherches poursuivant le même but que les nôtres. L'auteur de ces expériences, M. Stutzer, cherche à établir par des essais de laboratoire, la valeur relative que possède, au point de vue agricole, l'azote organique des différents déchets azotés des industries.

Partant de la considération que la matière organique azotée de ces produits, avant de se transformer en ammoniaque ou en acide nitrique, c'est-à-dire avant de devenir profitable aux plantes, doit être rendue soluble, et que, par conséquent, la valeur agricole relative de ces produits doit dépendre de la rapidité avec laquelle leur matière azotée devient soluble, M. Stutzer les met en contact avec des ferments non organisés, par exemple la pepsine. Il les soumet par conséquent à une véritable digestion artificielle. En fixant le titre en azote total contenu dans les produits à étudier avant l'expérience et en déterminant l'azote qui, après l'essai de fermentation, est resté insoluble, on obtient le taux de matière

azotée rendue soluble. C'est par cette méthode que M. Stutzer est arrivé aux chiffres suivants :

| | Azote rendu soluble sous l'influence du ferment. | Azote resté insoluble sous l'influence du ferment. |
|---|---|---|
| | p. c. | p. c. |
| Sang desséché | 89.75 | 10.25 |
| Laine dissoute | 85.34 | 14.66 |
| Cuir moulu | 39.19 | 60.81 |
| Laine brute | 2.72 | 97.28 |

En examinant ces chiffres, on constate une concordance frappante avec les résultats de nos essais. Classés d'après la solubilité de leur matière azotée, le sang, la laine dissoute et le cuir prennent le même rang que celui que nous leur avons attribué d'après les expériences de culture. Il n'en est pas de même pour la laine brute qui dans les essais de fermentation est restée beaucoup en arrière sur le cuir moulu, tandis que nous devons la placer, d'après nos recherches, avant le cuir.

La suite des expériences de M. Stutzer nous expliquera peut-être la cause de cette différence et nous dira si l'essai de fermentation peut réellement servir de critérium pour établir la valeur relative des matières organiques azotées employées comme engrais.

---

# ANALYSE
## DE
# LA BRUYÈRE, DE LA FOUGÈRE ET DU GENÊT

PAR

A. PETERMANN,

Directeur de la station agricole expérimentale de Gembloux.

Les vastes terrains incultes des Ardennes belges que de courageux défricheurs commencent çà et là à transformer en prairies et même en terres labourables pour y cultiver l'avoine, le seigle et la pomme de terre, sont couverts d'une végétation qui, tout en étant spontanée, constitue néanmoins une ressource précieuse pour ce pays. Cette végétation est utile aux habitants de ces contrées en ce sens qu'elle contribue puissamment à la désagrégation des roches

schisteuses et quartzo-schisteuses, qu'elle est la cause de la formation des tourbes des fagnes et enfin qu'elle constitue une espèce d'éponge immense absorbant et cédant seulement peu à peu les énormes quantités d'eau qui tombent sur ces hauteurs. Mais à côté de ces services plutôt indirects, les plantes de cette végétation, et tout particulièrement la bruyère, la fougère et le genêt, sont aussi d'une utilité immédiate.

Le mouton en pâture ronge volontiers les jeunes pousses de bruyère et de genêt. Brûlées sur place, ces plantes laissent une cendre qui forme une excellente matière fertilisante pour l'avoine, qui suit le plus souvent l'écobuage. Coupés à la faux ou arrachés avec les racines et séchés pendant quelque temps à l'air, au soleil et au vent, la bruyère, la fougère et le genêt servent de combustible, dont la cendre, comme celle du bois, est recueillie avec soin. Pendant les longs mois d'hiver où le bétail ne peut séjourner sur les prairies, ces plantes remplacent aussi la paille comme litière et forment la principale masse du tas de fumier qu'on voit devant les chaumières des Ardennes.

Fréquemment la fougère et la bruyère sont enterrées comme engrais vert. Le genêt en fleurs, dont la richesse en potasse est depuis longtemps connue, est souvent composté avec la terre et les déchets de ménage et de ferme; après quelque temps de fermentation, ce compost forme un engrais estimé par les cultivateurs ardennais.

Les quelques considérations qui précèdent nous ont engagé à soumettre à l'analyse ces plantes modestes, mais si utiles à l'agriculture de nos Ardennes. C'est dans ce but que nous avons cueilli sur le plateau qui s'étend derrière le château de la Havette, près de Spa, un grand nombre de plantes de bruyère (*Erica vulgaris*), de genêt (*Genista pilosa*) et de fougère (*Pteris aquilina*). Ces plantes, portées au laboratoire, ont été séchées à l'air pendant dix jours, sans chaleur artificielle; elles ont été coupées ensuite en brins de $0^{m},03$ environ et ces morceaux ont été intimement mélangés. De ce mélange, comprenant toutes les parties de la plante, tiges, feuilles, fleurs, on a prélevé l'échantillon moyen de 1 kilogramme environ, dans lequel on a dosé : l'eau, les matières organiques, l'azote, les matières minérales. Nous avons également établi la composition complète des cendres. Ces analyses ont été faites par M. Warsage.

*Composition de la fougère, de la bruyère et du genêt (séchés à l'air).*

| | Fougère. | Bruyère. | Genêt. |
|---|---|---|---|
| Eau | 14.70 | 12.70 | 12.30 |
| Matières organiques * | 75.75 | 85.06 | 84.79 |
| Matières minérales (cendre pure) | 9.55 | 2.24 | 2.91 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| * Renfermant azote | 2.38 p. c. | 0.80 p. c. | 2.54 p. c. |

*Composition de la cendre brute.*

| | Fougère. | Bruyère[1]. | Genêt[1]. |
|---|---|---|---|
| Potasse | 28.90 | 16.50 | 31.35 |
| Soude | 2.48 | 3.11 | 3.03 |
| Chaux | 8.77 | 10.28 | 13.45 |
| Magnésie | 5.20 | 6.90 | 7.28 |
| Oxyde de fer | 0.68 | 1.59 | 0.81 |
| Acide sulfurique | 5.95 | 4.25 | 3.34 |
| Acide phosphorique | 3.45 | 4.42 | 10.19 |
| Acide silicique | 13.12 | 7.00 | 0.80 |
| Chlore | 8.32 | 1.22 | 2.82 |
| Carbone | 17.06 | 30.90 | 11.15 |
| Sable | 6.59 | 11.50 | 4.70 |
| Acide carbonique | 1.47 | 4.35 | 10.98 |
| | 101.99 | 99.00 | 99.90 |
| A retrancher l'oxygène équivalant au chlore | 1.87 | 0.28 | 0.64 |
| | 100.12 | 98.72 | 99.26 |

Telle est la composition des cendres obtenues par une incinération grossière; pour établir celle de la matière minérale des trois plantes étudiées, nous devons rapporter les chiffres précédents à 100 parties de matière exempte de carbone, de sable et d'acide carbonique.

*Composition de la cendre pure*

(exempte de sable, de carbone et d'acide carbonique).

| | Fougère. | Bruyere. | Genêt. |
|---|---|---|---|
| Potasse | 38.53 | 31.74 | 43.28 |
| Soude | 3.31 | 5.98 | 4.18 |
| Chaux | 11.69 | 19.78 | 18.57 |
| Magnésie | 6.93 | 13.28 | 10.05 |
| Oxyde de fer | 0.91 | 3.06 | 1.12 |
| Acide sulfurique | 7.93 | 8.14 | 4.61 |
| Acide phosphorique | 4.60 | 2.73 | 14.07 |
| Acide silicique | 17.51 | 13.47 | 1.11 |
| Chlore | 11.09 | 2.35 | 3.89 |
| | 102.50 | 100.53 | 100.88 |
| A retrancher l'oxygène équivalant au chlore | 2.50 | 0.53 | 0.88 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

1. La cendre de la bruyère et du genêt donne une réaction très nette de manganèse.

En rapportant à 100 parties de plantes séchées à l'air les chiffres trouvés pour la composition de la cendre, nous pouvons fixer comme suit la proportion des principaux éléments nutritifs contenus dans 100 kilogrammes de fougère, de bruyère et de genêt.

*100 kilogrammes de plantes séchées à l'air renferment :*

| | Fougère. | Bruyère. | Genêt. | Paille de seigle pour comparaison. |
|---|---|---|---|---|
| Azote.................... | 2.38 | 0.80 | 2.54 | 0.40 |
| Potasse.................. | 2.76 | 0.37 | 0.91 | 0.86 |
| Soude.................... | 0.03 | 0.07 | 0.09 | 0.07 |
| Chaux.................... | 0.84 | 0.23 | 0.39 | 0.31 |
| Magnésie................. | 0.50 | 0.15 | 0.21 | 0.12 |
| Acide phosphorique........ | 0.33 | 0.03 | 0.30 | 0.25 |

Les résultats de nos recherches prouvent que les principaux représentants de la végétation spontanée des Ardennes et particulièrement les fougères et les genêts constituent, comme nous l'avions dit plus haut, une véritable richesse pour l'agriculture de cette région. La fougère et le genêt renferment six fois, et la bruyère deux fois plus d'azote que la paille de seigle. Les cendres de ces plantes contiennent, en quantité considérable, de la potasse et de l'acide phosphorique ; elles sont beaucoup plus riches que la cendre de bois qui, celle de sapin notamment, ne renferme en moyenne que 2 p. 100 d'acide phosphorique et 6 p. 100 de potasse.

L'analyse chimique explique donc amplement les effets favorables obtenus depuis longtemps par l'emploi de la fougère, du genêt et de la bruyère, soit en utilisant leurs cendres, soit en les enfouissant comme engrais verts, soit en se servant de ces plantes pour la confection de composts ou de fumiers.

Quoique la faculté que possèdent la fougère, le genêt, la bruyère, d'absorber le purin soit inférieure à celle de la paille, elle est néanmoins encore suffisamment élevée pour permettre l'utilisation de ces plantes comme litière pour le bétail. Boussingault déjà, en étudiant les litières, constata que 100 kilogrammes de bruyère séchée à l'air peuvent retenir 100 litres de purin, tandis que pour 100 kilogrammes de paille ce chiffre est de 220 litres.

Nous avons également mis en contact pendant cinq jours avec du purin de vache les plantes que nous avions cueillies dans les Ardennes, après les avoir préalablement séchées à l'air et coupées en brins de quelques centimètres et nous avons trouvé que :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 kil. | de paille de froment | peuvent retenir | 251 | litres | de purin. |
| — | de fougère | — | 212 | — | — |
| — | de bruyère | — | 190 | — | — |
| — | de genêt | — | 111 | — | — |

---

# NOTE SUR LES COLORANTS ARTIFICIELS DU BEURRE

Par E. SCHMITT

Docteur ès sciences.

Nous continuons nos études sur le beurre[1] en publiant les observations que nous avons été amené à faire sur les matières employées par les cultivateurs du Nord pour le colorer artificiellement.

Pendant l'été, lorsque les vaches sont nourries de plantes fraîches, de fourrage vert, la chlorophylle modifiée, pendant le phénomène de la digestion, par les acides de l'estomac, les alcalis de l'intestin, par tous les ferments solubles ou insolubles de l'organisme, donne au beurre une coloration *jaune* très franche. En hiver, au contraire, les vaches nourries de pulpes, drèches, betteraves, etc., fournissent un beurre presque *blanc* et qui souvent n'est pas vendable. Pour rendre ce beurre marchand, le faire goûter et apprécier par le consommateur, beaucoup de fermiers y ajoutent un colorant.

Cette coloration est-elle licite ?

Non, mais elle peut être tolérée à deux conditions essentielles :

1° Le colorant doit-être inoffensif;

2° Il doit entrer dans le beurre en proportion infinitésimale.

Depuis longtemps, les fermiers ont employé pour colorer le beurre les *fleurs de souci* et de *carthame*, le *jus de carotte* et le *safran*, tous colorants naturels parfaitement inoffensifs; puis est venu le *curcuma*, racine d'une amomée.

Avec les progrès de la chimie, on a employé les dérivés de la houille : *coralline jaune* et *jaune Victoria*, et le *chromate de plomb* qui est un poison violent.

L'industrie s'est emparée de la fabrication de ces colorants,

1. *Ann. agr.*, t. VIII, p. 544; note sur les falsifications du beurre et les moyens de les reconnaître.

comme elle l'a déjà fait pour les colorants des vins, bières et liqueurs, et nous avons examiné les deux produits les plus connus, l'*orantia* de Krick et la *carottine* de Trannoy, qui tirent leurs noms des couleurs de l'orange et de la carotte.

L'orantia, d'après notre examen, est un liquide aqueux, jaune, orange foncé, à odeur urineuse, à saveur alcaline; son poids spécifique est de 1030 à 16°.

Il renferme 34,50 de matières fixes et 965,50 d'eau; les matières fixes comprennent :

| | |
|---|---|
| Matières organiques solubles dans l'alcool | 3.4 |
| Matières organiques solubles dans l'eau | 3.1 |
| Matières minérales | 28 |
| | 34.5 |

Les matières minérales consistent en 25 grammes de carbonate de soude sec avec des chlorures, silicates, sulfates et silicates de chaux, magnésie et potasse, c'est-à-dire tous les éléments d'une cendre végétale.

La matière organique soluble dans l'alcool est une résine rouge d'un très grand pouvoir colorant; par ses propriétés physiques et chimiques et surtout sa belle coloration bleu indigo par l'acide sulfurique, nous avons reconnu l'un des éléments du *rocou;* dans les produits organiques solubles dans l'eau, nous avons trouvé la *bixine*, matière colorante jaune qui se trouve également dans le rocou.

L'orantia n'est donc qu'une solution des principes colorants du rocou dans une eau rendue alcaline par 15 grammes de carbonate de soude sec par litre.

En faisant agir par une douce chaleur 100 de carbonate de soude cristallisé sur 50 grammes de rocou avec 1 litre d'eau, et en réduisant de moitié, nous avons obtenu un liquide qui avait toutes les propriétés de l'orantia et qui colorait le beurre de la même façon.

On estimera qu'au prix du rocou (2 fr. 50 le kil.) et du carbonate de soude, l'inventeur de l'orantia doit se faire de très beaux bénéfices.

Ce produit ne vaut pas d'ailleurs la carottine, dont nous allons parler maintenant.

L'examen de la carottine, que nous avions fait avant celui de

l'orantia, était beaucoup plus difficile : nous avions en effet à faire l'analyse d'une huile colorée en jaune orange.

L'huile a été reconnue facilement, mais quel était le colorant ? Il pouvait appartenir à l'un des groupes suivants :

Matières colorantes minérales.
Matières colorantes végétales.
Matières colorantes artificielles (dérivées de la benzine ou de l'anthracène).

Après plusieurs recherches infructueuses, nous sommes arrivé à caractériser le rocou, qui est donc la base de la carottine comme il est la base de l'orantia. Mais la palme, en fait d'invention, appartient au créateur de la carottine, par le nom d'abord qui fait supposer que la carotte y entre pour quelque chose, puis par l'usage et le prix.

Un flacon de 15 à 20 grammes se vend 0 fr. 50, le même produit, obtenu en faisant digérer 125 grammes de rocou dans un demi-litre d'huile, nous fait estimer le prix de revient à 2 fr. 50 le litre au maximum. Quand le rocou est riche en résine rouge, nous conseillons d'en remplacer la moitié par 60 grammes de curcuma, qui fait alors dominer la couleur jaune.

Ce colorant s'obtient à la dose d'une cuillerée à café par 25 litres de crème, qu'on ajoute au moyen d'un barattage; l'idée d'employer de l'huile comme dissolvant est excessivement ingénieuse; l'huile dissout mieux la résine orange; elle est entraînée immédiatement par la matière grasse du lait, par le beurre au moment ou il se sépare du lait et elle s'y incorpore parfaitement.

Le rocou est une substance complètement inoffensive employée depuis plus d'un siècle pour colorer le beurre; c'est avec lui qu'est coloré le *Chester*, ce fameux fromage si apprécié de nos voisins d'outre-Manche. On sait qu'il n'est pas autre chose que le mésocarpe pulpeux du fruit d'une Bixacée, le *Bixa ovellana;* ses propriétés physiques et chimiques sont bien connues.

---

# ASSIMILATION DES MATIÈRES CARBONÉES
## DE LA TERRE ARABLE

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN
Docteur ès sciences, professeur au Muséum.

## PREMIÈRE PARTIE

### Résumé historique.

A diverses reprises, nous avons déjà abordé cette question capitale de l'origine du carbone des végétaux. Les expériences récentes de M. Petermann sur les matières dialysées de la terre arable, celles de M. Corenwinder sur le développement des betteraves, celles que nous avons exécutées M. Bréal et moi sur l'alimentation de jeunes plantes en germination par de l'ulmate de chaux, ont appelé, de nouveau, l'attention sur cette question : l'acide carbonique de l'air est-il la seule source où les plantes puisent le carbone nécessaire à la constitution de leurs tissus, ou bien les matières carbonées qui s'accumulent dans le sol cultivé par l'apport du fumier de ferme, dans la prairie ou la forêt par la décomposition lente des feuilles, des racines, des débris des végétations antérieures peuvent-elles également intervenir ? Telle est la question qui est étudiée depuis plusieurs années au Muséum et à Grignon ; avant d'exposer ici les recherches exécutées pour la résoudre, nous voulons dans ce premier article rappeler les opinions émises sur ce sujet capital par divers physiologistes.

Théodore de Saussure n'hésitait pas à admettre que les matières ulmiques, c'est le nom un peu vague sous lequel on désigne les substances carbonées qu'on peut extraire du sol par les alcalis, servaient directement à l'alimentation de la plante. Cependant, on ne trouve pas dans les *Recherches chimiques sur la végétation*, d'expériences décisives sur ce sujet ; mais l'influence du terreau sur le développement des plantes était tellement établie par les expériences séculaires des cultivateurs et des jardiniers, qu'on avait naturellement admis que les matières carbonées du sol sont utiles à la végétation par leur assimilation directe, quand Liebig publia son Cours de chimie appliquée à l'agriculture. Dès cette époque, il sou-

tint nettement l'opinion que l'humus n'est pas directement absorbé par les plantes ; voici au reste comment il résume sa manière de voir :

« L'humus nourrit les plantes, non pas parce que, comme tel, il est absorbé et assimilé, mais parce qu'il présente aux racines une source d'acide carbonique qui approvisionne la plante de la nourriture essentielle, tant que les conditions nécessaires à la pourriture, l'humidité et l'accès de l'air se trouvent réunies. »

Malgré quelques expériences contraires de Th. de Saussure, de Malagati, de Soubeyran qui ne furent peut-être pas conduites avec toute la rigueur nécessaire, l'opinion de Liebig prévalut : discutant les résultats que lui avait fournis une culture de tabac, M. Boussingault calcule que la récolte obtenue sur un hectare, renfermait 4434 kilogrammes de carbone, représentant 8266 mètres cubes de gaz acide carbonique ; « et puisque depuis la mise des plantes en terre jusqu'à la récolte, il s'écoule à peu près trois mois, il interviendrait en moyenne chaque jour environ 92 mètres cubes de gaz acide. »

L'éminent agronome ajoute de plus : « J'admets dans cette discussion que la totalité du carbone assimilé par les plantes a le gaz acide carbonique pour origine, parce que je ne connais pas une observation assez nette et assez complète pour établir que les matières organiques carbonées renfermées dans le sol, les acides bruns par exemple, leur fournissent directement du carbone. Je crois que le carbone de ces matières doit d'abord être brûlé, constituer du gaz acide carbonique avant d'entrer dans l'organisme végétal. La quantité considérable de gaz acide carbonique que décomposent chaque jour les plantes cultivées sur un hectare, est sans doute fournie par les engrais. Il a été prouvé, en effet, que l'atmosphère confinée d'une terre bien fumée contient jusqu'à 10 p. 0/0 en volume de ce gaz, alors que l'air extérieur qui, à la vérité, se renouvelle incessamment, n'en renferme pas au-delà de 4 p. 10 000. Cette production de gaz acide carbonique dans un sol ameubli par la charrue est la conséquence de la combustion lente que subissent, sans interruption aucune, les matières organiques, les acides bruns et c'est là évidemment l'utilité incontestable du terreau et du fumier. [1] »

M. Boussingault émet donc l'opinion que si la matière organique

1. *Chimie agricole*, t. IV, 1868.

du fumier a une influence marquée sur le développement de la plante, c'est par l'acide carbonique qu'elle fournit; bien qu'il ne donne aucun détail sur ce point, il paraît vraisemblable qu'il estime que l'acide carbonique du sol est charrié des racines aux cellules à chlorophylle où il est décomposé comme le serait de l'acide carbonique aérien pénétrant directement dans la feuille.

Cette manière de voir très plausible, émise à bien des reprises différentes, a été à diverses reprises soumise au contrôle de l'expérience. On doit notamment à notre collaborateur et ami M. Corenwinder un travail sur ce sujet dont nous résumerons les principaux passages [1].

« On admet, depuis longtemps, une théorie relative aux racines des plantes qui n'a jamais été démontrée expérimentalement et qui cependant n'est contestée par personne. Je veux parler de la propriété qu'on leur attribue d'absorber dans le sol de l'acide carbonique..... Je pense, aujourd'hui, que *les racines des plantes n'ont pas la propriété d'absorber dans le sol de l'acide carbonique*, ou au moins que la quantité qui peut pénétrer dans leurs tissus par cette voie ne doit pas être considérée comme une source importante de carbone. »

Et en effet, M. Corenwinder introduit dans une cloche à douille une racine de *Cuphea* ayant beaucoup de chevelu. Les extrémités de cette racine plongeaient dans de l'eau distillée. La tige traversait la douille et les feuilles flottaient dans l'air. On introduisit sous la cloche un volume d'acide carbonique exactement mesuré, on exposa au soleil pendant quatre heures, puis on fit passer le gaz de la cloche dans de l'eau de baryte, on en trouva $17^{cc},5$ de plus qu'on n'en avait introduit.

Une racine de choux plongeant dans une dissolution légère d'acide carbonique, tandis que les feuilles étaient dans l'eau, ajouta à cette eau une nouvelle proportion d'acide carbonique au lieu de lui en emprunter; on obtint encore les mêmes résultats avec une Eupatoire. Après avoir rapporté les expériences que nous résumons ici, M. Corenwinder ajoute : « Les recherches précédentes, il faut le reconnaître, ne sont pas favorables à la théorie qui tend à affirmer que les racines des plantes font dans le sol des inspirations abondantes d'acide carbonique. Si l'on ne veut pas en conclure que cette théorie est fausse, il faut admettre, au moins, qu'elle est mise en

1. *Ann. des sciences naturelles.* Botan. (4), t. IX, p. 63, 1868.

question aujourd'hui, et qu'elle n'a désormais aucun caractère expérimental. » En 1876, l'auteur de cet article publia, avec la collaboration de M. Vesque, un travail sur la respiration des racines qui fut inséré dans ce recueil même [1].

Diverses plantes furent enracinées dans de la pierre ponce contenue dans un flacon dont on pouvait à volonté composer l'atmosphère, les variations de pression et de température de cette atmosphère étaient indiquées par un manomètre et un thermomètre, et il était possible d'extraire les gaz renfermant cette atmosphère pour déterminer les modifications qu'elle subissait; on reconnut que les racines absorbaient de l'oxygène et émettaient de petites quantités d'acide carbonique.

Dans une note renfermant la relation de quelques expériences qui n'avaient pu trouver place dans le mémoire des *Annales*, on annonça en outre, qu'en enrichissant d'acide carbonique l'atmosphère des racines, il avait été impossible de reconnaître dans l'atmosphère des feuilles un dégagement d'oxygène qu'on fût en droit d'attribuer à la décomposition de l'acide carbonique du sol, saisi par les racines et transporté jusque dans les cellules à chlorophylle.

Ces expériences sont donc dans le même sens que celles de M. Corenwinder, et il faut répéter avec lui que l'opinion que les matières organiques de sol sont utiles en fournissant à la plante de l'acide carbonique qui servira à sa nutrition, reste une hypothèse non démontrée.

Comment ces matières organiques peuvent-elles influer sur la végétation? C'est ce qu'essaya de trouver, en 1872, M. L. Grandeau [2], doyen à la Faculté des sciences de Nancy, qui publia sur ce sujet un mémoire intéressant auquel nous avons fait allusion récemment, en rendant compte des expériences récentes de M. Petermann [3]. En étudiant des terres noires de Russie particulièrement riches en matières organiques, il reconnut que, soit en traitant les terres successivement par l'acide chlorhydrique et par l'ammoniaque, ou directement par le carbonate d'ammoniaque, on pouvait en extraire une solution colorée renfermant, outre une matière ulmique, de l'acide phosphorique, de l'oxyde de fer, de la magnésie, de la chaux, de la

1. *Ann. agron.*, t. II, p. 513.
2. Recherches sur le rôle des matières organiques du sol dans les phénomènes de la nutrition des végétaux. (*C.-R. des séances de l'Acad. des sc.*, t. LXXIV, p. 988.)
3. *Ann. agron.*, t. IX, p. 237.

silice maintenus en dissolution, en présence les uns des autres, par la matière organique.

« Reste à examiner, dit M. Grandeau, comment cette solution de phosphates, de silice, de chaux, etc., se comporte dans la nutrition des végétaux et l'influence qu'excerce leur présence ou leur absence dans des sols d'autre part identiques. J'ai entrepris à ce sujet des expériences directes dont j'aurai l'honneur de communiquer les résultats à l'Académie, dès qu'elles seront terminées. Je me bornerai aujourd'hui à faire connaître comment se comporte la solution noire extraite du sol dans un dialyseur. Dans le vase intérieur, j'ai placé une solution de matière noire donnant par la calcination 53 p. 100 du résidu minéral (rapporté au poids de la matière noire desséchée). Après trente-six heures, le liquide extérieur (eau distillée), qui était resté complètement incolore a été évaporé et le résidu analysé; ce dernier, qui ne contenait pas de matière charbonneuse était formé de phosphates de fer, de manganèse, de chaux, de magnésie, en un mot des matières de la solution noire du sol, moins les matières organiques. Le liquide du vase intérieur a été évaporé, le résidu charbonneux calciné n'a donné que 8 p. 100 de cendres, 85 p. 100 du poids primitif des éléments minéraux avaient donc traversé la membrane. Il me paraît résulter de là : 1° que les éléments minéraux en question ($PhO^5$, — $Fe^2O^3$ — $CaO$, — $MgO$, etc.,) sont à un état directement assimilable pour les végétaux, ou tout au moins, qu'ils peuvent être absorbés par leurs racines; 2° que la matière organique de l'humus n'est point absorbée et reste dans le sol.

Il résulte de l'ensemble des faits consignés dans mon Mémoire : « 1° que les sols fertiles renferment les éléments nutritifs minéraux sous la forme où nous les offre le fumier de ferme, et notamment le purin; 2° que la fertilité du sol est étroitement liée à la richesse en éléments minéraux de la matière organique soluble dans l'ammoniaque qu'il renferme; 3° que les substances organiques sont, dans la nature, le véhicule des aliments minéraux; qu'elles les extrayent du sol pour les présenter sous une forme immédiatement assimilable aux racines des végétaux. »

Cette expérience de M. Grandeau eut un certain retentissement, elle fut reproduite dans les cours de chimie agricole, et fixa l'opinion pendant quelques années. On admit, avec le savant doyen de la Faculté de Nancy, que la matière organique était un dissolvant de

la matière minérale, que son influence était ainsi favorable, mais qu'elle était incapable de servir directement d'aliment, puisqu'elle n'était pas susceptible de traverser un dialyseur.

Nous avons indiqué dans le numéro précédent, l'expérience exécutée par M. Petermann, qui a communiqué ses résultats à M. Grandeau, en le priant de répéter lui-même lemême essai. M. Grandeau s'y est prêté de bonne grâce, et il a trouvé, comme nous l'avons constaté nous-même, que l'expérience de M. Petermann est exacte et qu'il existe dans le sol une matière organique dialysable. — Cette matière peut-elle servir d'aliment à la plante, peut-elle être assimilée? c'est ce qui reste à démontrer; il y a un point acquis, c'est que l'objection qu'avait élevée contre cette manière de voir l'expérience de M. Grandeau, a disparu; mais de ce que la matière organique du sol non modifiée par des traitements à l'aide des alcalis qui ont pour effet de la transformer, sans doute par oxydation, est dialysable, il n'en résulte pas encore absolument qu'on puisse affirmer avec toute sécurité que cette matière doit être considérée comme un aliment. Il faut, pour que cette conclusion soit acceptée, en arriver aux preuves directes.

J'ai cru, il y a quelques années, pouvoir trouver un argument solide pour soutenir que la matière ulmique servait directement d'aliment à la plante, dans les expériences de culture que j'avais entreprises à Grignon.

En voyant l'influence remarquable qu'exerce le fumier de ferme sur le maïs fourrage, en voyant que pendant cinq années de culture, continue, la parcelle qui a reçu chaque année 40 000 kilos de fumier de ferme, donne 90 000 kilos de fourrage vert, tandis que le rendement le plus élevé obtenu avec les engrais chimiques est de 68 000 kilos, on était tenté d'attribuer au fumier une action directe comme aliment; d'autant plus que, si on prélève des échantillons sur les sols qui ont porté du maïs qui bénéficie à un haut degré du fumier, et sur des pommes de terre qui sont loin d'en profiter au même degré, on trouve que les terres se sont bien plus appauvries en matière carbonée sous l'influence du maïs, que sous celle des pommes de terre. J'ai trouvé également que, si on cultive simultanément dans des terres identiques, contenues dans des pots à fleurs, du maïs et du blé, la terre à maïs renferme, après la moisson, beaucoup moins de carbone combiné que la terre à blé; l'une des terres s'est appauvrie, sensiblement plus que l'autre.

On serait porté, au premier abord, à attribuer à l'action directe de la plante ces différences, et il semblerait logique d'admettre que le maïs s'est mieux développé sous l'influence du fumier, qu'il a appauvri davantage son sol en carbone, que ne l'ont fait les pommes de terre ou le blé, parce qu'il a assimilé directement ces matières ulmiques, et il est bien possible, en effet, que cette cause influe sur les effets observés, mais elle n'est pas seule à agir et dès lors l'argument n'est pas décisif.

L'influence du fumier sur le maïs est extrêmement remarquable, mais il l'est particulièrement dans les années sèches. Ainsi, en 1879, les parcelles au fumier donnent au-delà de 77 000 kilos de fourrage, tandis que les parcelles aux engrais chimiques restent à 35 000 environ. Mais, en 1878, le fumier donnant 70 000 kilos environ, les engrais chimiques en fournissent au-delà de 60 000; et, dès lors, n'est-on pas en droit de dire que l'action principale du fumier est précisément de maintenir dans le sol une quantité d'eau capable de soutenir la végétation du maïs, même dans une année sèche; tandis que les engrais chimiques laissent leur sol se dessécher et que c'est là leur cause d'infériorité dans les années où la pluie fait défaut.

D'autre part, en voyant combien les phénomènes de combustion sont actifs, en voyant avec quelle facilité une terre perméable perd son azote et son carbone combinés, ne peut-on pas dire que si le sol du maïs s'est particulièrement appauvri, c'est bien moins par les prélèvements des récoltes, que par le mouvement d'air que provoque la circulation rapide de l'eau dans un sol qui porte une plante dont le développement foliacé considérable détermine une énorme évaporation d'eau souterraine? Toutes ces causes influent certainement; et devant le résultat obtenu, on ne sait la part qu'il convient de faire à chacune d'elles.

Les expériences doivent donc être disposées autrement que nous ne l'avons fait jusqu'à présent; nous indiquerons, prochainement, les résultats obtenus dans les nouvelles expériences entreprises; toutefois, il n'est pas inutile, en terminant, de rappeler l'opinion de M. Sachs empruntée en partie à Hugo von Mohl. Nous reproduirons entièrement le paragraphe qu'il consacre à ce sujet, on y verra qu'en Allemagne, l'opinion de Liebig n'a pas été acceptée aussi complètement qu'en France [1].

1. *Physiologie végétale*, p. 142.

« Il existe, dans le règne végétal, deux extrêmes, par rapport à la faculté de créer de la matière combustible ; elle peut être produite aux dépens de l'acide carbonique, ou provenir de l'absorption des substances déjà organisées, qui seraient transformées et utilisées par la croissance ; entre ces deux points, il y a probablement des intermédiaires. L'un des extrêmes est représenté par les plantes qui sont en état de tirer tout leur carbone de l'acide carbonique, même pendant les périodes de végétation les plus actives ; l'autre, par les plantes sans chlorophylle, qui ne décomposent jamais d'acide carbonique et qui, par conséquent, tirent tout leur carbone de combinaisons organiques. Mais il n'est point contraire à la théorie de supposer que les plantes à chlorophylle qui décomposent l'acide carbonique absorbent, en même temps, des substances organisées et utilisent, pour la formation de leurs organes, le carbone provenant de ces deux sources [1]. C'est ce que font, dans un certain sens, tous les germes qui se nourrissent aux dépens d'un endosperme ; ils tirent d'abord des principes élaborés de ce tissu, qui est très distinct du leur, et peuvent ainsi développer leurs organes ; mais dès que leurs feuilles se sont épanouies à la lumière, elles commencent à décomposer l'acide carbonique et les plantes s'accroisssent par cette voie. Un parasite vit sur la plante qui le porte, comme le germe sur son endosperme ; s'il n'a pas de cellules vertes, c'est de son support qu'il tire tous les composés carbonés dont il a besoin ; mais, s'il possède des feuilles vertes, pourquoi ne pas supposer qu'il en utilise les propriétés, en même temps que par ses suçoirs il tire des principes élaborés de la plante qui le porte ? Quelques expériences de Pitra semblent montrer que le gui forme lui-même presque toute sa substance organisée et ne tire guère de son support que les éléments inorganiques. On peut donc bien penser que les plantes non parasites à feuilles vertes, qui vivent dans un sol très riche, forment leur substance combustible, en partie en absorbant des matières organisées, en partie en décomposant l'acide carbonique ».

1. Le fait que l'humus ne cède que très peu de substance organique à l'eau froide, ne prouve pas que les plantes ne puissent pas en absorber, pas plus qu'il ne faut conclure de là que l'extrait aqueux du sol contient très peu d'acide phosphorique et de potasse, que ces substances ne sont pas absorbées. Nous ne savons point si ce sont les sels de l'acide ulmique qui sont importants pour les plantes ; un organisme qui se décompose, donne bien d'autres produits ; nous ne savons pas quelle est la forme de ceux que la plante absorbe. (*Note de M. Sachs.*)

# OBSERVATIONS
SUR LE
# DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DANS LES ENGRAIS

PAR MM.

GASSEND
Directeur de la Station agronomique de Seine-et-Marne

et CAMPREDON
Préparateur.

Le dosage de l'acide phosphorique dans les engrais a justement préoccupé, dans ces dernières années, les chimistes, les fabricants d'engrais et les cultivateurs.

L'acide phosphorique a une valeur agricole et commerciale considérable et sa détermination exacte doit être l'objet des soins les plus minutieux; cependant il n'est pas de substance dont le dosage ait donné lieu à d'aussi nombreuses contestations, et chaque année les fabricants et les cultivateurs se trouvent aux prises avec les mêmes difficultés, en présence des désaccords qui existent entre les analyses de chimistes dont la compétence et l'honorabilité ne peuvent être suspectées.

L'un de nous, en collaboration avec M. Quentin[1], a montré quelles étaient les précautions à observer pour arriver à des résultats non seulement toujours identiques sur un même échantillon, mais encore représentant la richesse réelle des produits soumis à l'analyse.

C'est ainsi que nous avons établi qu'il fallait toujours avoir des liqueurs d'égale concentration, maintenir toujours le même rapport entre le poids de l'engrais analysé et le volume des dissolvants employés, laisser les dissolutions, soit dans l'eau, soit dans le citrate, juste pendant 1 heure, suivant la méthode de M. Joulie, universellement adoptée aujourd'hui[2], et non pas pendant 7 ou 8 heures, ainsi que cela se fait dans quelques laboratoires que

1. *Journal des Stations agronomiques et du Professorat agricole*, numéros de novembre et décembre 1880.

2. M. Millot a reconnu qu'il fallait 12 heures environ pour dissoudre tout ce phosphate rétrogradé, mais jusqu'à ce que, d'un commun accord, les chimistes aient décidé de laisser la dissolution se faire pendant ce laps de temps, il convient de s'en tenir au temps fixé par M. Joulie.

nous avons visités : faire la dissolution à la température de 25° à 30°, et laisser la précipitation se faire au moins pendant 12 heures, et enfin terminer l'analyse par un titrage avec l'urane, en employant la méthode par reste et en se servant du ferro-cyanure en poudre au lieu de la dissolution, pour saisir la fin de l'opération.

Nous n'avons jamais eu la prétention d'imposer ni même de proposer une nouvelle méthode; nous avons voulu simplement appeler l'attention des chimistes sur quelques petits détails dont M. Joulie, suivant nous, ne s'était pas suffisamment préoccupé. Et cependant, malgré tous nos soins, malgré la plus scrupuleuse observation des principes que nous avons si bien étudiés, il y a toujours eu entre nos analyses et celles de quelques chimistes attachés à des fabriques d'engrais ou travaillant exclusivement pour les fabricants, un écart d'environ 1 p. 100 et toujours dans le même sens, nos résultats étant les plus faibles. L'honorabilité des chimistes ne pouvant être suspectée, c'est dans le mode opératoire que résidait la cause de cet écart, et nous pensons l'avoir trouvée. En effet, on préfère généralement, au titrage par l'urane, la calcination du phosphate ammoniaco-magnésien obtenu par précipitation, et on déduit par le calcul l'acide phosphorique du poids du pyrophosphate. Cette méthode est recommandée par Frésénius pour le dosage de l'acide phosphorique *combiné aux alcalis*, mais cependant, il ajoute que dans le cas où l'on croirait devoir suspecter la pureté du précipité, il faudrait redissoudre celui-ci dans l'acide chlorhydrique, et le précipiter de nouveau en présence d'une petite quantité de liqueur magniésienne; quand l'acide phosphorique se trouve en présence de grandes quantités de fer, d'alumine et de chaux (et c'est le cas dans les engrais), Frésénius recommande la séparation préalable à l'état de phospho-molybdate d'ammoniaque.

Grâce à l'emploi du citrate d'ammoniaque, préconisé par M. Joulie, il n'est pas besoin aujourd'hui, dans les engrais du moins, de passer par cette précipitation préalable; mais M. Joulie recommande ensuite le titrage par l'urane, et non pas la calcination du précipité.

Et c'est pourtant ainsi qu'opèrent aujourd'hui la plupart des chimistes industriels. La raison qu'ils donnent est qu'il est plus vite fait de calciner le précipité et de peser le pyrophosphate que de faire un titrage à l'urane. Suivant nous, c'est tout le contraire,

même en ne faisant qu'une seule précipitation, car il faut faire des lavages très prolongés, sécher le précipité avant de le calciner, peser la capsule dans laquelle sera faite la calcination, et la peser encore après la calcination.

La chose serait par elle-même de bien minime importance si l'on pouvait arriver ainsi à de bons résultats, mais le précipité obtenu la première fois est loin d'être pur, et il est nécessaire de le redissoudre dans l'acide chlorhydrique, de laver le filtre, de faire une deuxième précipitation en présence d'une petite quantité de liqueur citro-magnésienne, de laisser reposer 12 heures, et de continuer ensuite comme nous l'avons dit plus haut. On voit que l'opération est ainsi considérablement allongée. Aussi, sauf dans quelques cas particuliers, les chimistes s'en tiennent-ils à la première précipitation, les impuretés du précipité étant considérées comme négligeables.

C'est ainsi qu'on arrive à trouver toujours des résultats trop forts qui peuvent, avec certaines natures d'engrais, s'élever jusqu'à 2 p. 100, car il ne faut pas oublier qu'une surcharge de 0gr,007 donne déjà près de 1 p. 100 d'acide phosphorique. Or cette surcharge est très facilement atteinte et même dépassée, ainsi que nous l'avons constaté.

Il y a en effet, dans le liquide où se fait la précipitation, un excès de magnésie, du fer, de l'alumine, de l'acide sulfurique, de la chaux et de la *silice;* le précipité de phosphate entraîne avec lui du fer et de l'alumine, qu'on arrive à enlever presque complètement par les lavages à l'eau ammoniacale, de la magnésie, de la chaux et de l'acide sulfurique, qu'on enlève beaucoup plus difficilement, et enfin de la silice qu'on enlève encore moins facilement; une certaine quantité même ne peut pas être enlevée. On conçoit donc que les lavages doivent être très prolongés et que, malgré tout, il y aura toujours une surcharge. Lorsqu'on opère par titrage à l'urane, ces impuretés n'apportent aucun trouble dans l'opération, car les lavages se font avec de l'ammoniaque au 1/5 et, après deux ou trois lavages sur filtre, le précipité ne retient plus que des traces de fer et d'alumine; la chaux et la magnésie donnent des phosphates solubles dans l'acide acétique et par conséquent ne peuvent précipiter pendant le titrage qui a lieu en liqueur acétique; quant à la silice, elle ne peut avoir aucune action.

A l'appui de ce que nous venons d'avancer, nous citerons ici

trois analyses comparatives faites sur un superphosphate vendu pour de l'os pur et qui était mélangé avec du phosphate précipité.

Les analyses ont été faites en double en nous conformant strictement aux principes posés par M. Joulie et complétés par nous; les précipités destinés à être calcinés et pesés ont été lavés avec de l'ammoniaque au tiers, jusqu'à ce que les eaux de lavages, acidulées par l'acide azotique ne nous aient plus donné de précipité par l'azotate d'argent, ainsi que le recommande Frésénius.

| | PAR TITRAGE. | PAR PESÉE. | DIFFÉRENCE EN FAVEUR de la PESÉE. |
|---|---|---|---|
| Acide phosphorique soluble — Dans le citrate d'ammoniaque. | 14.08 | 15.35 | + 1.27 |
| Acide phosphorique soluble — Dans l'eau | 14.99 | 16.18 | + 1.19 |
| Acide phosphorique total | 16.11 | 17.14 | + 1.03 |

On voit par ce tableau que les chiffres obtenus par la pesée du précipité sont plus forts d'environ 1 p. 100.

Des chiffres ainsi obtenus, quels sont ceux qui doivent être préférés? Pour le savoir, nous avons étudié la pureté des pyrophosphates obtenus par la calcination, et nous avons retrouvé dans ces pyrophosphates, du fer et de l'alumine en quantité entièrement négligeable, de la chaux et de l'acide sulfurique en quantité sensible, et surtout de la silice qui a été en moyenne de 0 gr, 008 ; or si des poids des pyrophosphates on déduit le poids de la silice que le phosphate ammoniaco-magnésien retient énergiquement (en lavant un précipité toute une journée avec de l'ammoniaque au tiers la silice n'a pu en être séparée), et si l'on effectue ensuite le calcul nécessaire pour trouver l'acide phosphorique pour cent, on trouve :

| | | PAR TITRAGE ON AVAIT OBTENU. | DIFFÉRENCE en faveur DE LA PESÉE. |
|---|---|---|---|
| Acide phosphorique soluble dans l'eau | 14.23 | 14.08 | + 0.15 |
| Acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque | 15.06 | 14.99 | + 0.07 |
| Acide phosphorique total | 16.02 | 16.11 | — 0.09 |

On voit par là que les différences deviennent insignifiantes; et que les écarts constatés entre nos analyses et celles des chimistes qui préfèrent la pesée au titrage, tiennent à la surcharge qui occasionnait les impuretés du phosphate ammoniaco-magnésien.

En résumé, il résulte de ce qui précède que, pour la détermination de l'acide phosphorique dans les engrais, la pesée du précipité après calcination conduit à des résultats trop forts, et qu'il convient de lui substituer le titrage par l'urane, avec lequel on peut arriver à des résultats exacts si l'on a soin de se conformer aux prescriptions exposées dans notre travail antérieur afin d'éviter l'incertitude que donne toujours le titrage direct.

---

## TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

---

### Procédé nouveau de dosage de l'azote dans toute espèce de matière azotée.

PAR LE DOCTEUR H. GROUVEN [1].

M. Grouven (de Leipzig) s'occupe depuis 1875 de l'exploitation de vastes tourbières, qui contiennent de 3 à 3/2 p. 100 d'azote et représentent une immense accumulation d'azote combiné. Il a imaginé, pour extraire cet azote, de brûler la tourbe dans un courant de vapeur d'eau surchauffée et d'en faire du sulfate d'ammoniaque.

La vapeur d'eau est portée à une température de 1000° et toutes les matières organiques y sont complétement consumées, et plus rapidement que dans de l'air élevé au même degré de température. Les substances les plus résistantes à la combustion, le lait, l'urine, le cuir, la mélasse, le graphite ont été essayées : après le passage de la vapeur d'eau, les cendres qui restent sont plus belles que celles que le chimiste peut obtenir dans un fourneau à moufle.

D'après l'auteur, à cette température de 1000° la vapeur d'eau est dissociée en ses éléments : le mètre cube n'en pèse plus que $0^{kgr},14$ et contient $0^{gr},125$ d'oxygène; tandis qu'à la même température, le mètre cube d'air pèse $0^{kr},928$ et contient seulement $0^{gr},064$ d'oxygène. La matière à brûler se trouve donc dans une atmosphère deux fois plus riche en oxygène que l'air.

1. *Die landwirthschaftliche Versuchsstationen*, Bd XXVIII, Hefte 5 u. 6.

Dans la vapeur d'eau surchauffée, le carbone des matières organiques est transformé en acide carbonique et oxyde de carbone; il se forme généralement 33 p. 100 d'oxyde de carbone et 66 p. 100 d'acide carbonique. L'azote est complètement transformé en ammoniaque; jamais quand l'opération est convenablement conduite, il ne se dégage d'autre produit azoté, ni d'azote gazeux. Et ce résultat extraordinaire est d'autant plus précieux, qu'il n'existe pas d'autre procédé pour recueillir complètement l'azote qui est engagé dans les matières protéiques. La combustion dans un courant d'air fait perdre 80 p. 100 d'azote sous forme d'azote gazeux. La distillation en vase clos fait dégager 40 p. 100 d'azote dans les goudrons, 40 p. 100 à l'état de gaz azote, et 20 p. 100 seulement peuvent être recueillis comme ammoniaque.

Enfin, le procédé, si long et si incommode de la décomposition spontanée, laisse également perdre, d'après Reiset, jusqu'à 30 p. 100 d'azote gazeux.

Le soufre, qui entre toujours dans la composition des corps protéiques, se transforme dans la vapeur surchauffée en hydrogène sulfuré; quand on recueille le gaz dans un acide, le soufre y est précipité sous forme de flocons légers. Le soufre engagé dans les sols, celui du plâtre par exemple, ne subit aucune transformation, et on le retrouve intégralement dans les cendres. Quand on fait l'incinération des matières organiques comparativement dans la vapeur surchauffée et dans l'air, toujours on trouve un poids de cendres un peu plus fort dans la combustion par l'air; et c'est précisément le soufre engagé dans la matière protéique qui cause cette différence; la moitié environ de ce soufre devient de l'acide sulfurique; avec la vapeur d'eau, tout le soufre de la matière protéique s'échappe à l'état d'hydrogène sulfuré.

Quand les matières organiques contiennent des nitrates, ceux-ci sont complètement transformés en ammoniaque.

Ce procédé si intéressant de production de l'ammoniaque est exploité en grand par M. Grouven depuis 1879, et il s'en est réservé la propriété par plusieurs brevets.

La vapeur d'eau surchauffée est produite dans des tuyaux chauffés au rouge, et remplis de grenaille de pierre ponce ou d'écume de mer, ou de fragments de briques, de tuf calciné, de chaux vive, de mâchefer tamisé, etc.; en un mot de substances suffisamment réfractaires et présentant à la vapeur d'eau qui les traverse une

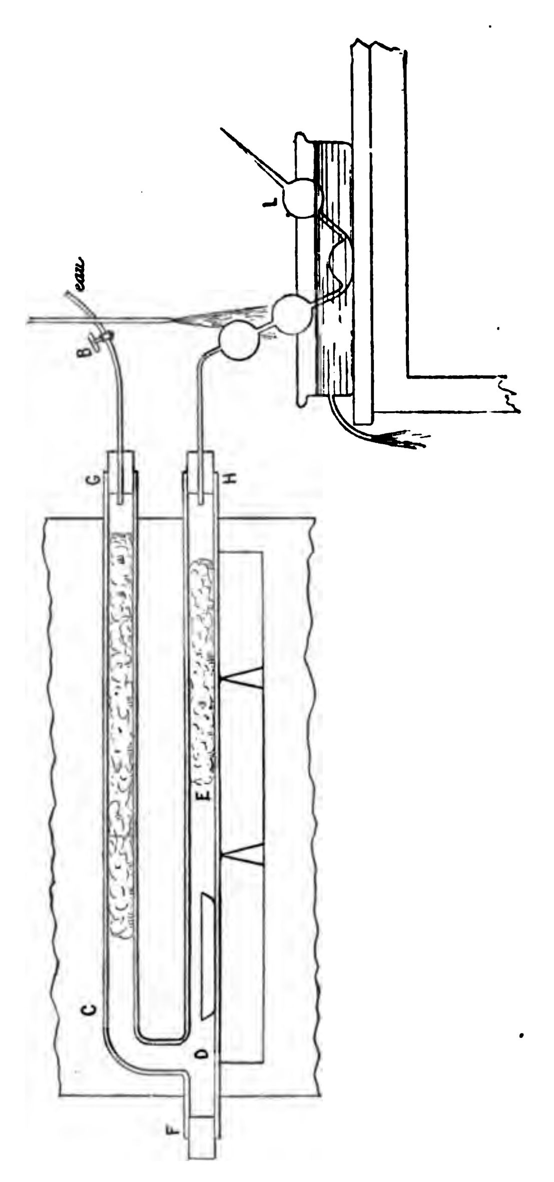
grande surface de contact. Elle passe sur la matière organique à brûler. Ensuite, on lui fait traverser une masse poreuse, que l'inventeur fabrique lui-même et qui est un silicate d'alumine et de chaux, contenant 48 à 50 p. 100 de chaux. C'est un produit très poreux, qui réduit à la grosseur de petits pois, ne pèse que 270 à 300 grammes par litre. Il est alcalin, ne contient pas d'acide carbonique, et n'en fixe pas quand il est traversé par la vapeur d'eau surchauffée.

Après avoir pu constater par la pratique l'excellence de cette méthode de transformation de l'azote des matières organiques en ammoniaque, M. Grouven a employé la même méthode aux analyses organiques, pour remplacer l'ancien procédé à la chaux sodée, dont les résultats sont moins généraux et souvent moins exacts. En effet, on sait que le procédé à la chaux sodée n'est pas applicable lorsque la matière contient des nitrates, qui ne se laissent pas alors transformer complètement en ammoniaque.

M. Grouven a exécuté plus de deux mille analyses en arrivant à des résultats très exacts et très précis; il n'est pas gêné dans ses titrages alcalimétriques par la production des matières goudronneuses rougeâtres, qui viennent si souvent obscurcir les résultats quand on travaille avec la chaux sodée. Il n'est pas obligé de dessécher la matière à analyser. Il opère sur la viande, le sang, le lait frais, et après chaque analyse il peut recueillir les cendres de la matière, parfaitement dépouillées de toute trace organique. L'exactitude du résultat est plus grande encore, qu'avec le vieux procédé, parce qu'on peut opérer sur un poids de matière quatre fois plus considérable. La durée d'une analyse varie entre 10 et 40 minutes. L'appareil employé comporte une burette graduée de 25 millim. de diamètre, d'une hauteur de 300 millim. et divisée en 1/2 centimètres cubes; elle se termine par un tube en caoutchouc, de 200 millim. de longueur, de 10 millim. de diamètre, qui est traversé par une mèche en coton filé, le remplissant exactement. Une pince à vis permet, en la serrant plus ou moins, de rétrécir comme on veut le passage de l'eau à travers le coton. Il ne faut laisser passer que 1gr,5 d'eau par minute.

Le générateur de vapeur est un tuyau en fer de 25 millim. de diamètre intérieur, qui est bouché par un bouchon en amiante : à l'extrémité par laquelle pénètre l'eau, ce tube est recourbé et fixé à un second tube également en fer et disposé parallèlement au pre-

mier, les deux tubes en fer sont ainsi parallèles l'un à l'autre; ce second tube est destiné à la production de l'ammoniaque. Le tube




supérieur à vapeur d'eau est rempli de fragments de pierre ponce, qui s'imbibent de l'eau, la répartissent sur une grande surface, et

lui communiquent rapidement la chaleur rouge du tuyau, la colonne de pierre ponce a environ 600 millimètres.

Le tuyau à ammoniaque dans lequel se fait l'incinération de la matière a une longueur de 800 millim. Le diamètre intérieur en est de 32 millim. et il est bouché aux deux extrémités par des bouchons en amiante.

Ces bouchons sont faits avec le meilleur carton d'amiante d'Amérique de 10 millim. d'épaisseur, que l'on coupe en disques; les disques sont réunis par 4 boulons dont les têtes et les écrous buttent contre des rondelles en cuivre. On peut donner à de pareils cylindres, avec une lime ordinaire, une forme conique. Les extrémités des tuyaux sont tournées à l'intérieur, et les bouchons en s'y engageant produisent une fermeture exacte, et qui résiste à n'importe quelle température. Avec un même bouchon on peut faire des centaines d'analyses.

Le bouchon est percé suivant son axe, et traversé par un tuyau en laiton de 5 millim. de diamètre.

Il en est de même du bouchon G.

Ces bouchons H et G restent en place, le bouchon F seulement est retiré après chaque analyse.

La matière à analyser est pesée dans une petite nacelle en platine de 120 millim. de long, 25 millim. de large et 15 millim. de profondeur.

Les tuyaux en fer, portés d'abord à la température de fusion du cuivre, et traversés pendant deux heures par un courant de vapeur d'eau, se couvrent à l'intérieur d'une mince couche de fer oxydulé, qui est absolument sans action sur l'ammoniaque; avec l'usage, cette couche atteint 1 à 2 millim. d'épaisseur.

Pour protéger l'extérieur des tuyaux en fer forgé contre l'action oxydante du feu, on fait couler à leur extérieur une enveloppe en fonte d'Écosse de 7 millimètres d'épaisseur. Ils peuvent ainsi servir à des centaines d'analyses.

Après la nacelle en platine qui est placée en D vient le silicate d'alumine et de chaux, maintenu sur une longueur de 300 millim. entre 2 toiles métalliques.

Les gaz qui traversent l'appareil doivent rester au moins 3 secondes en contact avec le corps poreux; quant à cette colonne, on peut la laisser en place pendant 50 analyses successives; après avoir fait 6 analyses, on la régénère en faisant traverser l'appareil

pendant un quart d'heure par un courant d'air, pendant que le tuyau lui-même est plus fortement chauffé.

Quand on met la nacelle en place, on refroidit la portion D du tuyau, en y introduisant une baguette de fer de 25 millim. jusqu'en E, et en faisant tomber un demi-litre d'eau froide extérieurement sur le charbon du foyer. En quelques minutes, cette portion du tuyau est devenue sombre, tandis que la partie du tuyau renfermant le silicate reste toujours rouge clair. On introduit alors la nacelle, le développement gazeux est d'abord très lent, et devient complet après cinq minutes.

La présence de l'eau dans la matière à analyser, loin de nuire, favorise la marche de l'opération.

Les gaz produits sont reçus en L dans une dissolution d'acide titré, qu'on maintient froide à l'aide d'un petit jet d'eau.

Les tuyaux sont chauffés sur une petite grille recouverte d'une couche de 100 millimètres d'épaisseur d'un mélange de 4 parties de coke et 1 partie de charbon de bois.

Les gaz, quand ils arrivent à l'appareil à condensation L, n'ont plus qu'une température de 350° à 400°.

Lorsque les gaz cessent de traverser le liquide acide, l'opération est terminée.

## Conservation du beurre

PAR HAGEMANN

(Landw. W. St. 1882, Heft 3).

On attribue généralement l'odeur et le goût particuliers du beurre rance à la présence de l'acide butyrique libre; il suffit, en effet, d'une très petite quantité de cet acide pour donner au beurre frais des propriétés semblables à celles du beurre rance. Quant à la question de l'origine de l'acide libre, deux théories sont en présence : ou bien c'est une fermentation butyrique qui lui donne naissance, aux dépens du sucre de lait ou de la glycérine ; ou bien il est le résultat d'actions chimiques, qui le dégagent de certains glycérides, où il se trouve tout formé.

C'est à la première de ces hypothèses, que l'auteur s'est d'abord attaqué : en découvrant les conditions de la végétation de la bactérie dans le beurre, on aurait, en même temps, les moyens de diriger son action, de la maîtriser; on en pourrait ensuite tirer des méthodes de conservation.

Le ferment butyrique est anaérobie, il n'a besoin d'air que dans le premier stade de sa vie. A la question de la respiration est intimement unie celle du besoin de carbone. On sait que le ferment peut retirer cet aliment de tous les hydrates de carbone possibles, des malates, des citrates, ainsi que de la glycérine et de la mannite. Or, le beurre contient de la glycérine et 0,5 à 0,6 p. 100 de sucre de lait. Il est facile de voir laquelle de ces matières sert à la nutrition du ferment, en éliminant l'une ou l'autre. Par fusion, lavage et filtration, on obtient la graisse pure débarrassée du sucre de lait, mais privée aussi des substances minérales et azotées. Ces dernières peuvent être remplacées par de l'ammoniaque, que la bactérie assimile; quant aux substances minérales, on les donne en dissolution; le mélange suivant fournit de bons résultats : une partie de Mgo, $SO^3$; 1 de phosphate de potasse; 1/2 de phosphate de soude; 1/10 de chlorure de calcium.

La culture du ferment se fait dans une dissolution de sucre de canne, auquel on ajoute de l'acide lactique, du vieux fromage, du lait aigre, et de la craie.

Les conditions de l'expérience ont été très variées; mais, dans aucun cas, le beurre n'est devenu rance, même après plusieurs semaines; l'addition d'un peu de beurre rance à du beurre frais n'a pas eu d'influence sensible. En outre, l'analyse a montré que la glycérine était en proportions égales dans l'un et l'autre beurre, de sorte que ce n'est pas sa décomposition qui met en liberté l'acide butyrique.

L'auteur conclut que le goût de rance n'est pas dû à la fermentaion butyrique.

Puisque l'acide volatil libre dans le beurre ne s'y est pas formé de toutes pièces, il faut qu'il provienne de la graisse, dans laquelle il entre en combinaison. Or, cette graisse contient environ 1 p. 100 d'acide butyrique, en même temps que les acides capronique, caprylique, caprinique (Chevreul 1842). Il reste à rechercher quels sont les facteurs de la décomposition de ces glycérides. Et d'abord, se produit-il pendant le rancissement, une augmentation de quantité des acides gras volatils, libres ou combinés? L'expérience y a répondu négativement, tout au contraire, et, cette circonstance est à remarquer, il y a une diminution sensible.

Le beurre frais est neutre au papier de tournesol; toutefois, il y fait des taches rougeâtres, si la crème dont on s'est servi, s'est

aigrie sous l'action d'un commencement de fermentation lactique. Mais cette fermentation n'est pas très active, et il arrive dans le beurre plus d'un demi p. 100 de sucre non décomposé. Mais, alors, s'accomplit l'acidification, et l'on est étonné de l'énergie avec laquelle le beurre rance rougit le tournesol. Si on le fond, la graisse surnage, et l'on peut s'assurer qu'elle est absolument neutre; c'est que l'acide lactique ne s'y mélange pas, il tombe au fond avec la caséine, et la masse inférieure rougit en effet le papier réactif. On est naturellement porté à se demander si le rancissement n'était pas dû à l'acide lactique; ou même si d'une façon générale, les acides ne pouvaient agir dans ce sens, en attaquant la graisse, et surtout les glycérides pauvres en carbone.

Les expériences faites à la fin de l'automne, et à une température trop basse pour que la bactérie pût se multiplier, ont montré que le beurre frais additionné d'un peu d'acide lactique rancit très vite. On fit une dissolution de beurre frais dans de l'éther; on y ajouta quelques gouttes d'acide, l'acide lactique et l'on abandonna le mélange à lui-même pendant la nuit. Puis, on évapora l'éther à basse température, et l'on put constater que la graisse avait un goût de rance très prononcé.

L'auteur a été plus loin, et a voulu étendre ces résultats; au lieu du mélange des graisses du beurre, il a pris la monobutyrine et la tributyrine pour étudier en particulier l'action que l'acide lactique exerçait sur ces corps. Il a trouvé que l'acide butyrique était toujours mis en liberté; sa proportion croît avec la température, elle est plus élevée avec la tributyrine qu'avec la monobutyrine. Toutefois, la butyrine devient acide d'elle-même, vers 40°.

On peut prévenir le rancissement, soit en séparant les glycérines des acides volatils; soit en ajoutant de la soude caustique au lait, au moment où on le tire; soit en se débarrassant du sucre de lait. Mais, jusqu'à présent, on n'a décrit aucun moyen pratique de faire cette séparation. On ne peut songer à la dialyse, préconisée par Alexandre Schmidt. Quant au lavage à grande eau, si on le pousse trop loin, il emporte l'arome.

C'est donc à la cause même de la transformation du sucre de lait en acide lactique, qu'il faut nous attaquer. Or, ce phénomène est dû à un ferment organique figuré, car le chloroforme paralyse son action.

La proportion d'acide formé ne varie pas avec la quantité de

ferment; elle va en augmentant, tout le temps qu'on laisse cet organisme dans la solution de lactose. Le but à atteindre est donc d'empêcher la végétation du ferment lactique; ce n'est pas aux acides qu'il faut s'adresser pour cela, car l'acide borique et l'acide salicylique lui-même provoquent le rancissement.

## Changements produits par la culture dans la composition chimique d'une terre qui était primitivement couverte de forêts

PAR LE D[r] HANAMANN[1]

Le sol de la forêt était siliceux. Pour y doser la chaux, la potasse et l'acide phosphorique, on employait, comme dissolvant, l'acide chlorhydrique concentré et bouillant. Pour y doser les proportions de ces matières qui y étaient renfermées à l'état assimilable par les végétaux, on se servait de l'acide acétique étendu et froid. En employant ces deux procédés, on examina cinq échantillons différents du sol.

Le premier échantillon provenait de la forêt non encore défrichée.

Le deuxième venait d'une terre cultivée pendant une année avec du blé et qui avait reçu une demi-fumure de fumier d'étable.

Le troisième, d'une terre qui avait porté deux récoltes sarclées.

Le quatrième, d'une terre qui avait reçu en trois ans du blé, des pommes de terre, de l'avoine.

Le cinquième, d'une terre qui avait reçu des vesces, outre les trois récoltes précédentes.

Le blé avait rendu huit fois sa semence. Les pommes de terre étaient de bonne qualité.

On trouva que pendant les quatre années de culture, il n'y avait en acide phosphorique assimilable que le *dixième* de l'acide phosphorique total, et en potasse, moyennement, que la neuvième partie de la potasse totale.

Mais, pour la chaux, on trouva que la presque totalité passait à l'état assimilable par suite de la culture.

Avec cette nature de terre, il n'y avait donc pas grand danger d'arriver à l'épuisement en acide phosphorique et en potasse. Mais pour la chaux, qui avait passé totalement à l'état assimilable, il y avait à craindre de la voir disparaître complètement.

1. Biedermann, *Centralblatt*, onzième année, fascicule VI.

**Influence exercée par l'état de la surface du sol sur son degré d'humidité et sa température**

PAR LE PROFESSEUR Dr E. WOLLNY[1]

Deux vases en fer-blanc de 400 centimètres carrés de surface et de 20 centimètres de hauteur, furent remplis de terre humectée et tassée, le premier jusqu'au bord, l'autre, jusqu'à 1 centimètre du bord; le restant de ce dernier vase a reçu une couche de 1 centimètre de la même terre séchée à l'air. Les boîtes étaient placées en plein air, à l'abri de la pluie et étaient protégées contre un échauffement latéral par des enveloppes de bois.

Les pesées successives auxquelles on soumit les deux vases montrèrent que le premier vase perdait son eau bien plus rapidement que l'autre.

Le desséchement superficiel de la terre s'oppose donc à l'évaporation de l'eau qu'elle contient. Le hersage ou le binage qui ameublit la surface du sol, après avoir produit le desséchement de la couche superficielle, contribuera à conserver l'eau des couches sous-jacentes. On peut encore arriver au même résultat en couvrant la terre d'une couche de matière facile à dessécher, de sable par exemple. Et cette couverture facilitera en même temps la pénétration de l'eau de pluie dans le sol; elle agira donc doublement pour conserver l'humidité. Les nombreuses recherches de l'auteur lui ont toujours montré que c'est le sol ameubli à la surface qui contient le plus d'eau.

La présence d'une couche de sable à la surface du sol y favorise l'entrée de l'eau. On se servait pour le démontrer de *lysimètres;* les boîtes en fer-blanc de 400 centimètres carrés de surface, 30 centimètres de profondeur, présentaient un fond percé de trous et reposant sur un entonnoir en forme de pyramide qui amène dans un récipient l'eau qui s'écoule du vase. Quelques-uns des lysimètres furent remplis jusqu'au bord avec de la terre, d'autres ne furent remplis, avec la terre, que jusqu'à quelques centimètres du bord, le restant de l'espace vide recevant une couche de sable quartzeux.

C'étaient toujours les vases couverts de sable qui laissaient passer le plus d'eau.

1. Biedermann, *Centralblatt*, dixième année, fascicule IV.

Pour déterminer la température du sol, on enfonçait des thermomètres dans la surface de la terre, ou à une profondeur de 10 centimètres, et on faisait des lectures de deux heures en deux heures. Le dessèchement superficiel du sol, a pour résultat d'y amener une élévation de température. En effet, le sol humide à la surface emploie principalement la chaleur qu'il reçoit par rayonnement ou par contact avec les couches d'air plus chaudes, à évaporer de l'eau, sans que cette chaleur puisse arriver à élever la température de la terre.

Cependant les différences de température entre les sols superficiellement sec ou humide sont moins grandes qu'on ne pourrait le croire; le sol humide a une teinte plus foncée et plus favorable à l'absorption des rayons calorifiques. Le sol sec n'est pas tassé, les couches d'air qui l'imprègnent s'opposent à la transmission de la chaleur.

## Sur la structure et l'accroissement des membranes cellulaires

PAR M. E. STRASBURGER [1]

Quoique ces recherches appartiennent plutôt à l'anatomie végétale qu'à la physiologie, on peut pourtant prévoir qu'elles prendront un jour une importance majeure en physiologie chimique.

On croyait généralement depuis les travaux de M. Nägeli que les membranes cellulaires, de même que les grains d'amidon, s'accroissent par intussuception, c'est-à-dire par le dépôt de molécules nouvelles entre les molécules déjà existantes, et cela dans toute l'épaisseur du corps déjà formé.

Les travaux de MM. Dippel, Sanio, Schmitz, Pfitzer et Strasburger viennent battre en brèche cette théorie qui semblait devoir passer à l'état de vérité incontestée.

M. Strasburger est arrivé à confirmer les thèses de M. Schmitz :

1. Les strates parallèles dont se composent les membranes cellulaires sont loin d'être dues toujours à l'alternance de couches denses et de couches moins denses de cellulose.

2. Chaque nouvelle couche d'épaississement est le résultat de la transformation sur place de la couche externe du protoplasma.

3. Ces couches successives se forment donc régulièrement par apposition.

1. Strasburger, *Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute*, avec 8 planches. Iéna, 1882.

## PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

### Physiologie végétale.

*Le sorgho et la betterave à l'École d'agriculture de Portici, Italie.* — M. PALMERI, directeur de l'École, MM. les professeurs PEPE et CASORIA ont disposé, pendant l'année 1882, des cultures expérimentales de sorgho, de maïs et de betteraves, pour reconnaître quelle était celle de ces plantes qu'il était le plus avantageux de cultiver pour en extraire du sucre ou du glucose.

Le sol sur lequel on a opéré était très sablonneux, mais il présentait une grande richesse en azote, en acide phosphorique et en potasse.

A partir du 1er septembre jusqu'au 10 novembre, on préleva des échantillons de sorgho pour y rechercher le sucre et le glucose.

Au moment de la première récolte, il y a de faibles différences entre les quantités centésimales des deux sucres, mais à la seconde prise d'échantillons, la saccharose domine, tandis que le glucose diminue, la proportion centésimale de la somme des deux sucres ne changeant que très peu; le 26 octobre, on trouva les nombres suivants :

| Saccharose | Glucose |
|---|---|
| 12.70 | 1.65 |
| 14.36 | 1.15 |
| 12.62 | 1.79 |
| 15.62 | 1.05 |

A ce moment-là, le poids total des sucres à l'hectare oscille autour de 3000 kilos, mais il s'élève à 4 ou 5 et 6000 kilos au moment de la dernière prise d'échantillons, le 10 novembre.

A cette époque, la proportion du sucre de canne est 10 fois plus élevée que celle du glucose.

On sait qu'en France, sous le climat de Paris, le sorgho ne mûrit pas sa graine; nous l'avons cultivé dans le jardin du laboratoire, en 1879, et la répartition du sucre et du glucose dans les diverses parties de la plante ont été l'objet d'une étude consciencieuse de M. F. MEUNIER, alors attaché au Muséum[1]. La quantité de principes sucrés qui avait été trouvée était très faible et toujours le glucose dominait sur la saccharose, ainsi qu'il arrive dans les plantes incomplètement développées.

Le sorgho ne peut pas être considéré comme une plante à sucre pour le climat de Paris, mais, sous le ciel de Naples, il paraît être avantageux, et d'après l'étude intéressante de l'École de Portici, sa culture serait plus rémunératrice que celle de la betterave. L'épreuve ne paraît pas cependant tout à fait décisive : ces messieurs ont réussi à obtenir 59000 kilos de racines à l'hectare, ce qui est partout une bonne récolte et fait voir que les conditions atmosphériques ne sont pas défavorables, mais leurs racines ne renfermaient

1. *Ann. agron.*, t. V, p. 565.

que 4.54 p. 100 de sucre, de telle sorte que le poids du sucre à l'hectare n'est que 2679 kilos, évidemment insuffisants. Il est curieux de constater que les racines étaient plus riches le 21 septembre que le 25 novembre ; il est probable que, sous l'influence des pluies d'automne, il y a eu une recrudescence de végétation qui a empêché le sucre de s'accumuler dans la racine.

D'après les auteurs, le sorgho, renfermant toujours une proportion assez sensible de glucose, devrait être utilisé particulièrement pour la production de l'alcool ; mais, dans ce cas, il entre en concurrence avec la vigne ; si on le cultivait comme plante à sucre, d'après l'expérience de 1882, il donnerait encore un bénéfice net de 272 francs par hectare.

*Contributions à l'étude de l'Étêtement de la vigne*, par MM. Casoria et L. Savastano. — Peu de pratiques de la viticulture ont donné lieu à des appréciations aussi divergentes que l'étêtement à 2, 3 ou 4 feuilles au-dessus de la dernière grappe, opéré au mois de mai, de juin ou de juillet.

Après avoir rappelé les résultats obtenus par M. Macagno[1] et par M. Pellegrini qui l'un et l'autre ont dosé le glucose et l'acidité dans le jus de raisins provenant de treilles étêtées et de treilles non étêtées, les auteurs exposent ceux qui leur ont été fournis par deux séries d'expériences exécutées à l'École d'agriculture de Portici.

Les vignes ont été étêtées à 2, à 5 ou à un nombre variable de feuilles et, après la récolte, on a dosé le glucose et l'acidité, cette dernière à l'aide d'une liqueur titrée de baryte.

Les chiffres se sont montrés très variables ; ainsi, un pied de Sémillon a donné :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Non écimé.................. | acidité totale | 0.56 | p. 100 de jus, | glucose : | 19.84 |
| Écimé à 5 feuilles............ | — | 0.61 | — | — | 19.84 |
| Un pied de Pineau non écimé... | — | 0.40 | — | — | 24.50 |
| — écimé à 5 feuilles........ | — | 0.40 | — | — | 22.36 |
| Un pied de Malbek non écimé.. | — | 0.62 | — | — | 19.89 |
| — écimé à 5 feuilles......... | — | 0.74 | — | — | 15.41 |

Il faut en conclure que l'écimage est tantôt utile, tantôt nuisible, suivant la variété à laquelle on a affaire, suivant le lieu, le mode de culture, l'époque de l'opération, etc.

Il nous semble évident que tout dépend de l'époque de la nutrition des grains, relativement à la marche du pouvoir assimilateur des feuilles ; en effet, pour les feuilles, comme pour les animaux, il importe de ne pas perdre de vue la « ration d'entretien » ; tant qu'elles se forment, elles consomment ; arrivées à un certain degré de développement, elles fabriquent, enfin plus tard leur pouvoir assimilateur diminue et peut descendre jusqu'à ne plus couvrir les frais d'entretien. C'est le parallélisme entre la nutrition du fruit et la courbe d'assimilation des feuilles qu'il faudrait étudier ; il varie nécessairement avec la race, avec le climat, le mode de culture, la saison, la quantité d'eau qui tombe, l'état du ciel et ainsi de suite.

1. Voyez *Ann. agron.*, t. IV, p. 471.

L'influence du nombre des feuilles sur la quantité de glucose accumulé dans le fruit ressort bien nettement de la seconde série d'expériences que les auteurs ont faite sur un pied d'une vigne voisine de Castagnara, cultivée sur le Vésuve.

Ils ont trouvé dans le jus de raisins récoltés le 14 septembre.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | grappe prise sur une treille garnie de | | 59 | feuilles. | — | Glucose | 14.20 |
| 2 | — | — | 21 | — | | — | 10.97 |
| 3 | — | — | 13 | — | | — | 10.71 |
| 4 | — | — | 7 | — | | — | 10.00 |

Contributo allo studio della cimatura della vite. Extrait de : *Stazioni sperimentali agrarie italiane*, XI, fasc. 2, 13 pages.

*La vie de la plante par* M. MAXWELL MASTERS[1]. — Rien n'est plus difficile, mais en même temps plus utile que d'écrire des ouvrages de vulgarisation scientifique; pour réussir, il faut posséder absolument le sujet traité, de façon à choisir seulement les notions capitales indispensables, il faut parcourir le pays en s'élançant de sommets en sommets, sans jamais descendre dans le bas pays où la vue est bornée.

M. MASTERS, qui dirige depuis longtemps déjà le *Gardner's Chronicle*, et qui a le goût de l'expérimentation physiologique et agricole, était particulière ment bien préparé à la besogne qu'il a entreprise et su mener à bonne fin. S'inspirant des remarquables travaux exécutés à Rothamsted par MM. LAWES, GILBERT et WARINGTON, des idées du grand DARWIN et de quelques publications françaises, il a exposé, dans ses parties principales, la vie de la plante et particulièrement de la plante cultivée depuis sa naissance jusqu'à sa mort. Le chapitre *Bataille de la vie*, où sont résumées les belles expériences exécutées sur les prairies à Rothamsted, est particulièrement instructif[2]. Nous pensons que les agronomes qui lisent facilement la langue anglaise trouveront grand avantage à posséder le petit ouvrage de M. MASTERS.

MM. CONVERT et DEGRULLY rappellent l'immunité dont jouissent les vignobles sablonneux contre les atteintes du phylloxera et insistent sur l'importance que présentent, pour la viticulture française, les terrains sableux de l'Algérie, si étendus aux environs de Mostaganem, d'Alger et d'Oran. Ces sables conviennent très bien à la culture de la vigne et offrent les garanties les plus sérieuses contre toute invasion phylloxérique.

M. RISLER rend compte de ses observations sur la culture de la vigne à Calèves, près Nyons. Les pleurs commencent quand la température de l'air a atteint 8 à 10° : l'air est alors plus chaud que le sol, de 2° environ. La végétation part aussitôt que la température dépasse 10°, elle devient active par 14 à 15° de moyenne, et 18 à 20° de maximum. La floraison commence en juin, quand la vigne a reçu 950 à 1000° de chaleur (produit de la température moyenne par le nombre de jours de végétation). Le sucre se forme dans les

1. Un volume in-18 de 138 pages (en anglais).
2. *Ann. agron.*, t. VI, p. 595.

grains après 2300 à 2450° de chaleur, enfin la maturation est complète, pour le chasselas, quand il a reçu 2980 à 3170°; en moyenne, 3060° de chaleur. (*Comptes rendus*, 21 mai).

### Physiologie animale.

Vers le milieu de l'année dernière, les professeurs de l'École vétérinaire de Turin entreprirent une expérience de vérification sur la vaccination charbonneuse : les résultats furent négatifs, c'est-à-dire que tous les animaux périrent après l'inoculation du sang charbonneux. M. Pasteur fit alors observer que le virus employé provenait du sang d'un animal mort depuis vingt-quatre heures et était sans doute à la fois septique et charbonneux : les professeurs de Turin soutiennent qu'ils n'ont découvert dans le sang des animaux morts aucun signe de septicémie. Pour mettre fin à cette discussion, M. Pasteur propose aux savants italiens de répéter devant eux ses expériences, et notamment d'établir que le sang d'un animal charbonneux devient septique le lendemain même de sa mort. (*Comptes rendus*, 9 avril.)

Le 14 mai, M. Pasteur communique à l'Académie une lettre que lui ont adressée les professeurs de l'École vétérinaire de Turin, en réponse à cette proposition : la commission de Turin paraît ne pas vouloir accepter les offres de M. Pasteur. Revenant ensuite sur le sujet de la discussion, l'illustre physiologiste rapporte l'expérience suivante, qui semble être absolument démonstrative :

« Le 5 mai courant, à 7 heures du matin, un mouton meurt du charbon inoculé. La température moyenne était de 11°; la soirée et la nuit furent plus chaudes, orageuses même. Le 6 mai, juste vingt-six heures après la mort, on fait l'autopsie du mouton, et du sang est recueilli dans le cœur. On ensemence une goutte de ce sang dans du bouillon stérilisé, d'une part, au contact de l'air, de l'autre, dans des tubes propres à tenir le vide. Ce même sang est, en outre, inoculé à un mouton neuf. Dès le lendemain, la culture à l'air fournit de la bactéridie charbonneuse, qui, inoculée à deux cobayes, les fait périr du charbon pur. La culture dans le vide fut, au contraire, septique [1] : inoculée à deux cobayes, elle les a fait périr, de la septicémie la plus aiguë, en moins de vingt-quatre heures.

» Le mouton inoculé par le sang du cœur mourut également septique, le lendemain de l'inoculation.

» Bref, quand un mouton meurt du charbon et alors même qu'il est devenu à la fois charbonneux et septique, on retire facilement de son sang le charbon et son microbe, également la septicémie et son microbe. »

Cette expérience paraît de nature à clore définitivement la discussion qui s'est élevée entre l'école française et l'école italienne, et donner raison à M. Pasteur contre ses adversaires. (*Comptes rendus*, 14 mai.)

MM. Chamberland et Roux ont observé que la bactéridie charbonneuse se modifie sous l'influence des antiseptiques à faible dose; l'acide phénique à $\frac{1}{800}$, le bichromate de potasse à $\frac{1}{2000}$ ne tuent pas les filaments, mais arrê-

1. On sait que la bactéridie est aérobie, tandis qu'au contraire, le vibrion septique est essentiellement anaérobie.

tent la production des spores; après quelque temps de culture dans ces conditions, la bactéridie est atténuée au point de pouvoir servir de vaccin préventif. L'atténuation est durable, elle se conserve pendant la culture, elle persiste même après que la bactéridie a passé par l'organisme d'un cobaye; on sait que le microbe atténué par la chaleur seule reprend sa virulence dans ces conditions.

En outre, les bactéridies atténuées par le bichromate peuvent encore tuer des moutons, bien qu'elles soient sans action sur les lapins ou les cobayes; les bactéridies atténuées par la chaleur (42°-43°) ne produisent pas, au contraire, d'effet sur les moutons, alors qu'elles peuvent encore tuer des cobayes. Le mode d'atténuation n'est donc pas indifférent dans la préparation des vaccins. (*Comptes rendus*, 9 avril.)

Dans une autre communication, MM. CHAMBERLAND et ROUX insistent sur ce fait que la condition essentielle d'atténuation des virus charbonneux est l'absence de spores dans les filaments soumis à l'expérience. Cette condition est nécessaire, aussi bien quand on cherche à atténuer la bactéridie par la chaleur, que lorsqu'on emploie les antiseptiques : ce fait tient à ce que la spore est la forme de résistance de la bactéridie. Les auteurs ont cependant réussi à atténuer des spores de bactéridies charbonneuses en les chauffant à 35° avec de l'acide sulfurique à 2 p. 100. Après huit jours, les cultures obtenues en semant ces spores dans du bouillon de veau alcalinisé sont inoffensives pour les lapins; après le quatorzième jour la culture ne tue pas sûrement le cobaye auquel on l'inocule. Il y a donc atténuation, et cette atténuation se conserve dans les cultures successives : très sensible pour les animaux tels que le cobaye ou le lapin, elle ne peut être mise en pratique sur les moutons; les cultures obtenues ainsi font en effet périr ces animaux dans la proportion de sept sur dix.

M. CHAUVEAU fait observer que l'atténuation des virus dans les modes de culture actuellement employés est due à l'action de la chaleur bien plus qu'à celle de l'oxygène; elle se produit, en effet, très rapidement, quand on enferme les liquides dans des tubes vides d'air et portés à une température convenable. (*Comptes rendus*, 14 mai.)

## Météorologie.

M. Angot communique à l'Académie les premiers résultats obtenus par les stations météorologiques chargées d'observations phénologiques. L'époque d'un phénomène de végétation déterminé varie avec l'altitude en même temps qu'avec la température moyenne du lieu; il n'est alors possible de comparer les résultats obtenus à différentes altitudes qu'en les ramenant tous à une altitude uniforme, au niveau de la mer par exemple : cette correction paraît simple; ainsi l'époque de la moisson du blé se trouverait retardée de quatre jours par chaque accroissement d'altitude égal à 100 mètres. (*Comptes rendus*, 23 avril.)

## Chimie agricole.

*Dosage du sulfure de carbone dans les sulfocarbonates*, par M. MUNTZ (*Comptes rendus*, 14 mai). — Dans un ballon de 500 grammes on verse 30$^{cc}$ de

sulfocarbonate commercial, de densité 1,4, soit 42 grammes. On ajoute 100$^{cc}$ d'eau et 100$^{cc}$ d'une dissolution saturée de sulfate de zinc ; on bouche aussitôt avec un bouchon de caoutchouc qui porte un long tube étiré. Ce tube se recourbe près du bouchon à 60° d'angle environ, et plonge dans un tube gradué de 60$^{cc}$ où on a placé à l'avance 30$^{cc}$ de pétrole à lampe ordinaire. La partie supérieure du tube étiré est refroidie par un petit réfrigérant tubulaire où coule constamment de l'eau.

L'appareil étant ainsi disposé, on agite légèrement le ballon ; les liquides se mélangent et il se déclare une effervescence d'acide carbonique ; ce gaz barbote dans le pétrole. Après que l'effervescence est calmée, on chauffe peu à peu ; la distillation entraîne le sulfure de carbone. Quand il a passé 10 à 12$^{cc}$ d'eau dans la cloche graduée, on arrête l'eau du réfrigérant et on chauffe plus fort de manière à chasser dans le pétrole les dernières traces de sulfure. On retire ensuite la cloche, avant que la vapeur d'eau ait pu échauffer le bas du tube étiré.

On lit le volume total du liquide dans la cloche, on en retranche le volume d'eau condensée et on ajoute la constante 0$^{cc}$,2 qui représente l'adhérence du pétrole au tube étiré. L'augmentation de volume du pétrole représente le sulfure de carbone; on obtient son poids en multipliant par la densité 1,27.

L'erreur n'atteint pas 1/2 p. 100 de sulfocarbonate; l'opération dure de trente-cinq à quarante minutes.

*La fabrication du sucre, par* H. Pellet et G. Sencier. Tome I$^{er}$, 1883. Paris, chez M. Pellet, 5 rue Fénelon. — Cet important ouvrage débute par un historique de la fabrication du sucre de betterave en France et dans les autres parties de l'Europe et sur d'intéressants renseignements statistiques sur la production et la consommation du sucre dans le monde entier.

Le second chapitre intitulé : *les Principes sucrés* comprend une étude des diverses espèces de sucre, sur leur solubilité dans divers réactifs, sur l'action qu'exercent sur eux les divers réactifs, sur leur fermentation, puis les auteurs exposent successivement les principes de la saccharimétrie chimique en indiquant la composition des diverses liqueurs employées à l'analyse des sucres; et le mode opératoire usité pour chacune d'elles. De nombreuses gravures exécutées avec soin donnent la représentation des instruments imaginés pour employer facilement les liqueurs titrées et nous voyons défiler avec plaisir toute la série des burettes dont chaque auteur se plaît à varier la forme et le mode d'emploi.

La saccharimétrie physique est exposée avec beaucoup de détails, loin de se borner à décrire l'emploi des saccharimètres, les auteurs ont voulu donner au lecteur une idée de la lumière polarisée et y réussissent à l'aide de simples figures géométriques qui permettent de comprendre la marche des rayons dans les saccharimètres. Ceux-ci sont décrits avec beaucoup de soin, le mode opératoire nettement indiqué, comme il peut l'être par un chimiste exercé qui a fait de la sucrerie une étude approfondie.

Les diverses questions dont nous venons d'indiquer les titres forment un tout intéressant et auraient suffi à remplir l'excellent volume de MM. Pellet et Sencier; l'ouvrage ne se ferme pas cependant sur cette première partie, il

comprend un second livre intitulé : *le Sol*, second livre très intéressant, mais qui semblait devoir faire partie d'un autre volume dans lequel sera sans doute exposée la culture de la betterave, puis la fabrication du sucre qui doit faire le sujet principal de la publication.

Les auteurs donnent les diverses méthodes employées pour l'analyse physique et chimique des terres, en insistant particulièrement sur les procédés employés par M. SCHLŒSING sur le dosage de l'acide azotique au moyen du protochlorure de fer; là les auteurs sont un peu en défaut, le procédé décrit, excellent quand il s'agit d'analyser un engrais, ne convient plus pour la détermination des nitrates dans une terre et la proportion que renferment 100 grammes est beaucoup trop faible pour pouvoir être appréciée par cette méthode; malgré ses incertitudes, le procédé de M. BOUSSINGAULT à l'indigo est encore le seul qui permette de trouver la proportion de nitrates existant dans quelques grammes de terre.

Nous ne doutons pas que l'accueil que fera le public agricole à l'ouvrage de MM. PELLET et SENCIER ne les encourage à continuer l'importante publication qu'ils ont entreprise.

*Chimie théorique et pratique des industries du sucre, par* H. LEPLAY, 1er volume. — *Étude historique, chimique et industrielle des procédés d'analyse des matières sucrées*, Baudoin 1883. — M. H. LEPLAY a été longtemps le collaborateur de DUBRUNFAUT, il a suivi pendant nombre d'années les travaux de cet éminent industriel et il a été par suite très bien placé pour tracer l'histoire des modifications qu'ont subies les méthodes analytiques employées dans la sucrerie, qui ont souvent pris naissance dans le laboratoire de DUBRUNFAUT. Le premier chapitre consacré à cette étude historique est particulièrement intéressant : on voit comment on a d'abord cherché le sucre dans la betterave en la dissolvant dans l'alcool et en l'y faisant cristalliser, comment on a ensuite procédé par fermentation, combien il a fallu de temps pour que les méthodes imaginées par BIOT et reposant sur l'emploi de la lumière polarisée, pussent passer dans la pratique. Aussitôt qu'il arrive aux méthodes actuelles, M. H. LEPLAY entre dans des détails minutieux de telle sorte que le praticien peut trouver dans ce traité d'analyse un guide sûr qu'il n'aura qu'à suivre de point en point pour opérer régulièrement.

L'exposé des méthodes analytiques employées par les laboratoires de l'État, par les laboratoires commerciaux, les divergences qui résultent de l'emploi de coefficients pour déterminer l'influence qu'exercent sur le raffinage les matières différentes du sucre, sont très instructifs, la complication de notre système fiscal et la nécessité de sa modification radicale s'en dégagent nettement.

Le chapitre IV intitulé : *Analyse chimique industrielle des matières sucrées*, est très étendu, l'auteur passe en revue toutes les méthodes employées, il les discute avec grand soin, donne des exemples de calcul; l'analyse des mélasses est particulièrement suivie dans tous ses détails et son exposé rendra grand service à tous les chimistes qui ont à s'en occuper.

Le livre se termine par l'analyse chimique de la betterave, de la canne, des pulpes de presse hydraulique, de presse continue, de macération, enfin par celle de la bagasse. M. LEPLAY a continué ses publications par un second ouvrage : *l'Osmose et l'Osmogène Dubrunfaut*. — L'application des travaux

de Graham sur la dialyse à l'épuration des mélasses est certainement une des créations les plus intéressantes de l'industrie sucrière et qui fait le plus d'honneur à l'esprit inventif de DUBRUNFAUT. M. H. LEPLAY a résumé, dans l'intéressante brochure dont nous venons de donner le titre, les points principaux de la pratique de l'osmose. — Bien que DUBRUNFAUT ait pris, dès 1854, un brevet pour l'osmose des produits sucrés, ce n'est qu'en 1863 qu'il donna dans un nouveau brevet la description du premier appareil désigné sous le nom d'osmogène; à ce premier appareil, l'inventeur en substitua un second, en 1868; il l'a décrit dans son ouvrage de 1873, *l'Osmose et ses applications industrielles*, mais le perfectionna encore en 1872. L'appareil employé aujourd'hui est à peu près celui qu'avait indiqué DUBRUNFAUT, il y a une dizaine d'années.

En examinant la composition des sels qui ont passé dans l'eau d'osmose, on y trouve surtout du nitrate de potasse, des chlorures de potassium et de sodium, du sulfate de potasse; or, si l'osmose était appliquée aux 214 millions de kilogrammes de mélasses produits en France, on en tirerait plus de 6 millions de kilos de sels cristallisés formés en grande partie de salpêtre dont la valeur marchande est considérable; l'osmose produirait du même coup 53 millions de kilogrammes de sucre, dont le prix de revient ne serait guère plus de 32 francs par 100 kilos, laissant une trentaine de francs de bénéfice net au fabricant; si toute la mélasse était osmosée, la fabrication du sucre ferait de ce chef un bénéfice de 13 millions de francs. Il n'est pas probable que toutes les usines puissent imiter ce qui a été fait à Havrincourt et à Courcelles, les usines qui ont fourni à M. LEPLAY les chiffres sur lesquels il a établi les calculs précédents, mais il n'en est pas moins établi que, lorsque le sucre est cher et l'alcool bon marché, l'osmose est une opération avantageuse.

---

AVIS. — Prière aux agronomes et physiologistes français et étrangers d'envoyer au laboratoire de physiologie végétale du Museum, 63, rue de Buffon, à Paris, un exemplaire des tirages à part de leurs travaux, pour qu'il en soit rendu compte dans les *Annales agronomiques*.

*Le Gérant:* G. MASSON.

MOTTEROZ, Adm.-Direct. des Imprimeries réunies, B, Puteaux

ÉTUDES

SUR

# LES CAUSES DE LA DIMINUTION DE LA CULTURE DU LIN EN FRANCE

PAR

M. A. LADUREAU
Directeur de la Station agronomique du Nord.

Pour établir la décroissance rapide que subit la culture du lin en France, il suffit de jeter les yeux sur le tableau suivant, qui résume les résultats des statistiques agricoles faites depuis plusieurs années sur cette production, par les soins du gouvernement. Voici ce tableau :

| ANNÉES. | NOMBRES D'HECTARES ensemencés. | PRODUCTION EN FILASSE. | VALEUR TOTALE RENSEIGNEMENTS FOURNIS par la Commission des valeurs. |
|---|---|---|---|
| | | kil. | fr. |
| 1840 | 98.241 | 86.825.401 | 57.507.216 |
| 1852 | 80.336 | 36.825.900 | 31.755.865 |
| 1860 | 117.455 | 58.311.040 | 65.690.799 |
| 1871 | 79.721 | 41.697.500 | 53.725.378 |
| 1882 | 52.000 | 28.212.690 | 35.223.345 |

En l'année 1883, la surface cultivée en lins ne dépasse pas 40 000 hectares.

Comme on le voit, cette culture est en pleine décadence, et si cette progression rapide continue, on peut prévoir le temps où l'on aura complètement cessé de cultiver ce textile en France. Nous voyons, dans le tableau ci-dessus, que c'est en l'année 1860 que la surface cultivable consacrée au lin est le plus étendue. Ce fait tient à cette cause spéciale, qu'à ce moment avait lieu la guerre de sécession en Amérique ; tous les ports de l'Amérique du Sud

(États-Unis), étaient bloqués par la flotte des États-Unis du Nord; la culture du coton était momentanément abandonnée, comme presque toutes les autres, par les planteurs du sud, occupés à la guerre; le coton subit une hausse de 300 à 400 p. 100; on se rejeta sur le lin, qui se trouvait, par suite de cette circonstance, à bien meilleur marché, et les cultivateurs, sûrs de l'écoulement facile de leurs produits, firent des semis bien plus étendus que d'habitude.

Malheureusement, c'est à cette même époque, en 1860, que les conventions du libre échange furent adoptées par l'empire, que les droits d'entrée sur les lins teillés furent supprimés, et que les lins de toutes nationalités purent entrer presque librement en France. Aussi, on voit depuis cette année, la production du lin diminuer chaque année en France.

Cette diminution tient en outre à plusieurs autres causes que nous allons examiner.

Nous ne parlerons pas de l'extension énorme qu'ont prise les autres textiles, la laine, la soie, le jute et surtout le coton dans les usages journaliers; car cette extension ne s'est pas faite au détriment du lin qui reste un textile de luxe, si l'on peut s'exprimer ainsi; en effet, les tableaux de statistique montrent que l'emploi du lin et du chanvre est resté le même depuis un siècle, tandis que celui du coton a triplé, et que celui de la soie et de la laine a plus que doublé.

Les changements apportés dans l'industrie de la filature ont eu une influence sensible sur la culture proprement dite.

Les tarifs de 1860 ont permis à l'Angleterre d'inonder la France de numéros de fils de lin fins, les filateurs français ont été obligés de se rejeter sur les gros numéros. Ceux-ci sont alors devenus la base de la production française; or, comme on ne peut les fabriquer avec les bons lins du pays, trop chers pour cette production, les filateurs ont dû forcément faire venir de diverses provenances des quantités considérables de lins à bas prix, au détriment de l'agriculture nationale. Les importations de lins étrangers sont donc devenues énormes et ont jeté le trouble dans la production agricole. Voici, pour fixer les idées sur ce point, quels ont été les chiffres d'importation de lins des divers pays d'exportation depuis trois ans.

Soit, en moyenne annuelle, 70 011 705 kilogrammes sans compter

| PAYS EXPORTANT. | ANNÉE 1880. | ANNÉE 1881. | ANNÉE 1883. |
|---|---|---|---|
| | kil. | kil. | kil. |
| Russie...................... | 42.636.793 | 48.928.100 | 68.811.800 |
| Belgique...................... | 11.406.259 | 12.265.090 | 10.256.100 |
| Allemagne...................... | 2.409.679 | 3.719.970 | 4.343.100 |
| Angleterre...................... | 569.100 | 454.300 | 574.600 |
| Autres pays...................... | 1.074.386 | 1.219.040 | 1.360.200 |
| Totaux............ | 58.096.217 | 66.587.100 | 85.351.800 |

une moyenne d'importation de plus de 6 000 000 de kilogrammes d'étoupes et une quantité assez considérable de lins en paille par nos frontières de terre.

Les chiffres de ce tableau montrent la progression constante et rapide de l'importation en France des lins étrangers.

Une des principales causes de cette augmentation dans l'importation des lins est la violation apportée en 1874 à notre convention monétaire. Le métal, base de nos échanges est l'argent, d'après la loi. En 1874, un décret lui a substitué l'or, ce qui a apporté une grande perturbation dans la situation économique de nos relations avec les autres pays, et notamment avec la Russie et les Indes. Si l'on revenait au régime antérieur, notre situation économique changerait aussitôt et serait considérablement améliorée.

En ce qui concerne plus spécialement la Russie, une des principales causes de la baisse du prix des lins réside dans la baisse du change sur ce pays. Toutes nos acquisitions faites en Russie se paient en roubles, le rouble étant la monnaie fiduciaire russe. Or le prix du rouble qui était de 3 fr. 75, il y a dix ans, n'est plus aujourd'hui que de 2 fr. 50. De sorte que, quand nous achetions 100 kilogrammes de lin pour la somme de 30 roubles, il y a dix ans, ces 100 kilogrammes nous coûtaient : 112 fr. 50. Aujourd'hui ces mêmes 30 roubles ne représentant plus que 75 fr. ; les 100 kilogrammes de lin ne coûtent plus à l'acheteur français que 75 fr. au lieu de 112 fr. 50.

Le paysan russe vend toujours son lin le même prix pour lui. c'est-à-dire le même nombre de roubles, et nous, nous le payons

un tiers en moins. Le seul remède à cette situation serait le retour à l'ancien étalon monétaire d'une part, et surtout l'unification générale des monnaies. Une des principales causes du dépérissement de la culture du lin en France doit être encore attribuée à l'exagération des tarifs de chemins de fer appliqués aux produits français, tandis que les produits étrangers, au contraire, jouissent des tarifs les plus bas. Le taux kilométrique qui leur est attribué est parfois le tiers de celui que l'on fait subir aux nôtres.

Donnons-en quelques exemples.

Du mois de mai au mois de novembre, pendant la période de la navigation libre, c'est-à-dire, à l'époque où il arrive le plus de lins de Russie, le transport de Riga à Dunkerque n'est que de 3 fr. 50 à 4 fr. le quintal; tandis que pour faire venir des lins des Basses-Pyrénées à Lille, par exemple, le coût du transport par chemin de fer est en moyenne de 10 fr.

De Marseille, il s'élève à 12 fr. !

Par contre, lorsque l'on fait venir des lins de Russie par voie ferrée, le transport coûte en moyenne de 6 à 9 fr. le quintal, pour une distance quadruple ou même quintuple !

Les prix de transport ne sont donc pas réglés sur le même taux kilométrique, et les tarifs de pénétration en France sont sensiblement inférieurs, même sur nos lignes, aux tarifs de l'intérieur ou de l'exportation. Ainsi, il coûte beaucoup plus cher pour expédier un wagon de lin de Lille à Dunkerque que pour l'envoyer de Dunkerque à Lille; cela se comprend, car la Cie du Nord, qui a un monopole, et n'a pas de concurrence, est sûre de faire toutes les expéditions sur son réseau à destination des ports ou de l'étranger; elle leur applique donc les tarifs les plus élevés. Tandis que, pour s'assurer les expéditions venant des ports ou de l'étranger vers l'intérieur, et empêcher que ces expéditions ne soient faites, soit par les voies belges ou allemandes, soit par la Cie d'Orléans, elle accorde au contraire les tarifs les plus réduits; ce sont les tarifs de pénétration. Ce qui se passe pour la Cie du Nord est exactement de même pour toutes les autres compagnies françaises. Le remède à ce fâcheux état de choses serait l'unification de tous les tarifs, l'égalité entre les tarifs intérieurs et les tarifs de pénétration.

A ces grandes causes principales, viennent s'ajouter quelques causes secondaires qui déterminent chaque année un nombre plus considérable de cultivateurs à renoncer à la production du lin.

Parmi celles-ci, nous citerons les fraudes dans la vente des graines de semence et les maladies qui attaquent cette délicate culture.

Tous ceux qui ont cultivé le lin savent l'influence énorme qu'exerce la nature et les qualités de la graine sur la réussite de la récolte. On ne peut employer à l'ensemencement que des graines d'origine russe et principalement celles de Riga.

Quelquefois on emploie encore, comme semences, celles que l'on récolte sur le lin provenant de ces graines russes : ce sont des graines de première année, mais leur réussite est moins sûre que celles des graines d'origine directe. — Quant aux graines de deuxième année, elles ne sont plus propres à la reproduction et ne servent qu'à la fabrication de l'huile.

Or, les cultivateurs qui ont besoin de graines d'origine russe pour leurs ensemencements, ne peuvent les acheter directement à Riga ; ils doivent s'adresser, pour s'en procurer, à des revendeurs qui seuls peuvent les leur céder par faibles quantités.

Ils sont souvent trompés, soit parce que les revendeurs ont acheté une graine falsifiée, la croyant pure, soit parce qu'ils l'ont falsifiée eux-mêmes avec des graines de deuxième ou de troisième année.

Dans ce cas, les fermiers trompés abandonnent une culture qui ne leur donne pas de résultats rémunérateurs et s'imaginent que leurs terres ne peuvent plus convenir à cette production.

Les graines russes, dites graines de tonnes, sont renfermées dans des barils, qui sont parfois défoncés à Anvers ou ailleurs et remplis avec de mauvaises graines du pays, puis revendues comme graines russes. Ces faits révoltants n'ayant jamais lieu en France, les cultivateurs éviteraient cette chance d'insuccès, en n'achetant que des graines de Riga importées directement dans les ports français. Le gouvernement, de son côté, pourrait mettre un droit sur les barils de graines *en transit*, ou exiger des négociants, des certificats d'origine avec des coupons correspondants à chaque baril, coupons que l'on remettrait aux acheteurs.

En outre, l'auteur de cette note, ayant reconnu, par de nombreuses analyses, que les graines d'origine russe présentent une composition chimique très constante, très différente de celle des autres graines impropres aux semailles, les cultivateurs pourraient acquérir une certitude de réussite en envoyant à l'analyse d'un chimiste capable, un échantillon de leurs graines de semence. —

L'agriculteur qui se livre à la production du lin n'a pas seulement à lutter contre toutes les difficultés que nous venons de signaler, mais encore contre l'incertitude dans laquelle il se trouve sur la réussite de sa culture jusqu'au moment de la récolte. — Il dépend, en effet, complètement, durant les deux mois de croissance du lin, des variations de l'atmosphère. Qu'il fasse trop chaud ou trop froid, trop sec ou trop humide, et son champ de lin peut ne lui donner qu'un faible rendement; si un orage, un vent trop violent, une forte pluie surviennent au moment de la floraison ou de la maturation, il peut être versé et perdre presque toute sa valeur. Il faut se défendre en outre contre certaines maladies qui attaquent la plante soit à son début, soit au cours de sa végétation : parmi celles que l'on redoute le plus, nous en avons étudié une connue sous le nom de *brûlure* ou *froid-feu*, qui atteint parfois un champ magnifique et l'anéantit en quelques heures.

Nous avons reconnu que ce désastre est dû aux attaques d'un petit insecte de la famille des *Thrips*, qui se porte tantôt sur les racines et les radicelles de la jeune plante, tantôt sur l'extrémité de sa tige. Nous avons indiqué les moyens, sinon de combattre efficacement ce fléau, du moins de le prévenir, par l'emploi d'engrais insecticides.

Le mémoire publié par l'auteur de cette note, sur cette intéressante question, a été récompensé par une médaille d'or que lui a décernée la Société industrielle d'Amiens.

La brûlure peut être classée à coup sûr parmi les causes les plus fréquentes du découragement des cultivateurs à l'égard de la production du lin et elle a motivé chez beaucoup d'entre eux l'abandon d'une culture aussi délicate et aussi aléatoire.

Il serait à désirer que de nombreux essais fussent faits par les agriculteurs de notre région pour vérifier les conclusions de nos recherches, et reconnaître si l'on peut échapper désormais sûrement à cette cause d'incertitude dans les résultats d'une culture aussi dispendieuse que celle du lin.

Cette culture mérite-t-elle d'être encouragée en se plaçant au point de vue agricole?

Pour en acquérir la preuve, il suffit d'examiner les chiffres suivants, qui montrent que c'est une de celles qui sont encore les plus rémunératrices en cas de réussite, et qui nécessitent plus que toute autre, une circulation continue d'argent.

Voici, en effet, le coût de la culture d'un hectare de lin :

| | | |
|---|---|---|
| Location de la terre et contributions...... | 155 | francs. |
| Engrais employés (environ)............... | 250 | — |
| Graines de Riga pour semences.......... | 120 | — |
| Main-d'œuvre de culture................ | 240 | — |
| Rouissage et teillage.................. | 345 | — |
| Total.................. | 1110 | — |

Or, le produit de la graine récoltée peut s'élever en moyenne par hectare à 125 francs et la quantité moyenne de lin à 970 kilogrammes. La dépense totale pour cultiver un hectare de lin est donc de 1110 francs d'où il faut déduire 125 francs pour la vente de la graine.

Il reste 985 francs pour 970 kilogrammes de lin, c'est-à-dire sensiblement 1 franc par kilogramme de lin récolté. Si le lin est beau et fin, on peut le vendre de 1 fr. 50 jusqu'à 3 et même 4 francs le kilogramme. Si, au contraire, la culture a laissé à désirer, si la fibre est médiocre et manque de qualité, le lin ne vaut plus alors que le prix des lins russes, qui reviennent, rendus en France, à environ 0 fr. 90 le kilogramme. Dans ce dernier cas, le cultivateur perd de l'argent et abandonne cette production. Mais quand toutes les circonstances ont été favorables et qu'il a pu bien vendre ses pailles, la culture du lin est encore une de celles qui rapportent les plus beaux bénéfices. — Sans l'espoir d'une réussite, sans l'appât des avantages sérieux qui en résultent pour lui, il y a longtemps que le cultivateur français aurait complètement renoncé à faire du lin. Car, si la saison est mauvaise, si le lin manque, s'il brûle, il perd une partie de son capital. On pourrait remédier à la situation fâcheuse que crée au lin français la concurrence des produits russes, en mettant sur ceux-ci à leur entrée en France, des droits suffisamment élevés pour compenser l'inégalité des charges qui pèsent sur la production agricole indigène et étrangère.

Si le gouvernement ne prend pas des mesures propres à soutenir et à protéger efficacement cette branche de notre agriculture contre les diverses causes de ruine qui la menacent, il est à craindre de la voir disparaître bientôt complètement du sol français.

Nous exprimons, en terminant cette étude, l'espoir qu'il comprendra l'intérêt qui s'attache, au double point de vue agricole et

industriel, à cette production du lin et que nous assisterons bientôt à son relèvement.

Aujourd'hui, il est établi que nous ne pouvons plus cultiver avec profit les céréales, que l'Amérique, l'Australie et autres pays neufs produisent à meilleur marché que nous ne pouvons le faire. Il faut donc absolument que nous nous rejetions sur les cultures industrielles, telles que celle qui nous occupe : car ce sont les seules qui puissent assurer encore au cultivateur français une rémunération suffisante de ses peines.

---

## SUR LES MATIÈRES COLORANTES DES VINS

### PRODUITS DANS LE LANGUEDOC

PAR

M. AUDOYNAUD

Professeur à l'école d'agriculture de Montpellier.

Depuis quelques mois les Sociétés d'agriculture et les chambres de commerce du Midi et du S. O. ne cessent d'appeler l'attention du public et du gouvernement sur l'importation considérable de vins par la frontière espagnole; ces vins, présentant un titre alcoolique très élevé et n'ayant que des caractères très douteux d'authenticité, ne payent à la frontière qu'un droit de douane très minime, 2 fr. par hectolitre; leur introduction en France permet ainsi de faire passer et circuler presque frauduleuseusement une énorme quantité d'alcool; et de plus, à cause de leur bas prix, elle invite en quelque sorte les négociants à préférer ces vins douteux aux vins de nos productions directes.

Ces vins d'importation sont très souvent des vins très inférieurs additionnés d'eau, d'alcool, de matières colorantes. Or, les procédés chimiques appliqués pour reconnaître ces mélanges sont généralement longs, délicats et dispendieux, et on ne peut y recourir que lorsqu'on a déjà de fortes présomptions sur la pureté du produit. Aussi m'a-t-il paru nécessaire de chercher quelque méthode simple, applicable par les viticulteurs et les négociants, qui sans atteindre la rigueur d'une analyse chimique, n'en donnerait pas moins des résultats assez sûrs pour juger de la valeur d'un vin et des altérations qu'on a pu lui faire subir.

Quelques observations que j'ai faites sur les matières colorantes des vins rentrant dans cet ordre d'idées, je me suis décidé à les présenter, me réservant toutefois de les compléter dans la suite si les circonstances le permettent.

Dans les vins du Midi, on peut constater trois sortes de matières colorantes qui dérivent très probablement les unes des autres par oxydation. Les principes jaunes sont les plus facilement oxydables; ils ne rougissent pas par l'action des acides; les matières rouges paraissent au contraire présenter le maximum d'oxydation, elles se dissolvent dans les acides et les divers alcools. Enfin, dans plusieurs vins riches en couleur, on peut trouver une matière brune qui, par les acides, prend une teinte rosée et qui, d'après l'action qu'exerce sur elle de l'oxygène. se place entre les deux autres. Il est difficile d'isoler complètement ces diverses substances; on n'a guère réalisé jusqu'ici que la séparation de la matière rouge, connue sous le nom d'œnocyanine. On peut cependant séparer assez complètement ces matières colorantes par la baryte, en suivant la marche que je vais indiquer.

Je prends $5^{cc}$ de vin et j'y ajoute $10^{cc}$ d'une solution de baryte saturée à froid [1]. Le mélange effectué, on verse le tout sur un filtre qu'on lave ensuite à l'eau bouillante. On a ainsi sur le filtre un dépôt (B) et au-dessous une liqueur (A) d'un jaune plus ou moins foncé.

Le filtre B contient tout ce que la baryte a précipité : la matière colorante rouge, le tanin, les acides du vin, etc. Je fais passer à plusieurs reprises sur le filtre $15^{cc}$ d'une liqueur acide additionnée d'alcool; la liqueur dont je me suis servi de préférence est faite au moment même avec $30^{cc}$ d'alcool absolu, $20^{cc}$ d'acide acétique et $50^{cc}$ d'eau. Lorsque le vin n'a pas été plâtré, le filtre reste presque net; dans le cas contraire, il y a toujours un dépôt adhérent au papier; et dans le cas d'une matière colorante végétale telle que la mauve, on voit sur le filtre un résidu non adhérent. On obtient donc finalement une liqueur rouge qui contient l'œnocyanine et qui par sa coloration observée soit dans les tubes à essais, soit par évaporation de quelques gouttes dans une capsule de porcelaine,

1. On fait dissoudre à chaud de l'hydrate de baryte, et on en remplit un flacon. Après chaque opération, on remet de l'eau en quantité égale à celle du volume consommé. On a ainsi une solution toujours de même titre tant qu'il reste de l'hydrate cristallin au fond du flacon.

peut donner quelques indications utiles, mais qui n'ont de valeur que par comparaison.

La liqueur A donne des renseignements bien plus précis. Je fais passer un courant d'acide carbonique dans ce liquide, un dépôt plus ou moins brun se forme, le carbonate de baryte retenant par une sorte d'affinité capillaire la matière colorante brune. Par filtration, on obtient une liqueur limpide qui renferme la matière colorante jaune. Par addition d'eau distillée, on donne à la liqueur un volume constant (100$^{cc}$ par exemple). Les vins fortement colorés donnent une liqueur d'un jaune foncé; les vins légers en couleur ou les vins de raisins secs donnent un liquide à peine coloré. La partie brune retenue sur le filtre par le carbonate de baryte donne une teinte rose par les acides, teinte plus ou moins prononcée suivant l'intensité colorante des vins.

Mais la liqueur limpide peut être, au point de vue de la matière jaune qu'elle renferme, appréciée d'une manière très précise par le permanganate de potasse. A cet effet, je fais tomber à l'aide d'une burette une liqueur titrée renfermant, soit 1$^{gr}$, soit 1/2 de permanganate par litre et j'apprécie la fin de l'oxydation par l'addition de quelques gouttes d'iodure de potassium et d'empois d'amidon (ou mieux un fragment de papier amidonné). J'arrête l'opération quand le papier bleuit sur les bords ou que l'iodure d'amidon commence à apparaître avec sa couleur bleue. On arrive ainsi à avoir une série de nombres, dont la comparaison avec le titre alcoolique du vin est pleine d'enseignement, comme on peut le voir par le tableau suivant obtenu avec une liqueur de permanganate au titre de 1 p. 1000.

Il me semble résulter de ce tableau les conclusions suivantes : 1° quelques vins des vignes américaines mentionnées de 1 à 7 possèdent une proportion de matière jaune bien supérieure à celle de nos vins ordinaires. Mélangés aux vins de raisins secs, ils donneraient un vin très coloré; mais il n'y a pas lieu présentement de songer à ces mélanges, à cause du haut prix des vins américains (Jacquez, Lenoir, etc.). Ces vins particuliers ne sont recherchés que pour rehausser la couleur et le titre alcoolique de quelques vins vrais, trop faibles en couleur et en alcool.

2° Les n$^{os}$ 8 à 12 représentent les bons vins ordinaires du Languedoc; leur titre alcoolique ne dépasse guère 9° et leur principe jaune se maintient entre 2 et 3.

3° Les vins de raisins secs n$^{os}$ 16 et 20 ont un titre alcoolique

qui se maintient entre 6° et 7°. Le permanganate réduit est très minime : 0,4 à 0,6. Il est alors facile de prévoir ce qui arrivera en

| NUMÉROS D'ORDRE. | TITRE ALCOOLIQUE. | C.M.C. DE PERMANGANATE RÉDUIT. | RAPPORT DES DEUX NOMBRES PRÉCÉDENTS. | OBSERVATIONS SUR L'ORIGINE DES VINS. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10.6 | 4.6 | 2.3 | Jacquez fait à l'école, 1882. |
| 2 | 10.1 | 5.5 | 1.8 | Jacquez fait au mas de las Sorres, 1882. |
| 3 | 12.6 | 5.6 | 2.2 | — — — 1801, viné à 2 p. 100. |
| 4 | 11.0 | 4.9 | 2.2 | Lenoir fait au mas de las Sorres, 1882. |
| 5 | 12.6 | 4.6 | 2.7 | — — — 1881, viné à 2 p. 100. |
| 6 | 8.1 | 5.0 | 1.6 | York-Madeira fait au mas de las Sorres, 1882. |
| 7 | 8.1 | 5.3 | 1.5 | Canada fait à l'école en 1882. |
| 8 | 9.1 | 2.5 | 3.6 | Petit Bouchet et Carignan cultivés dans le sable, école. |
| 9 | 8.1 | 1.6 | 5 0 | Aramon cultivé près de Montagnac, plaine de l'Hérault. |
| 10 | 7.1 | 2.0 | 3.5 | Autre Aramon. — — |
| 11 | 8.8 | 3.3 | 2.7 | Vin venant de Cruzy (Aude). |
| 12 | 7.9 | 2.2 | 3.6 | Provenant des sables d'Aigues-Mortes. |
| 13 | 9.9 | 2.3 | 4.3 | Acheté en ville. |
| 14 | 14.4 | 4.4 | 3.2 | Vin d'un négociant en vins présenté au laboratoire. |
| 15 | 6.2 | 0.7 | 8.8 | Vin acheté en ville à 30 cent. le litre au détail. |
| 16 | 8.1 | 0.4 | 20 0 | Vin de raisins secs fait à l'école. |
| 17 | 9.0 | 2.7 | 3.3 | Mélange de $^1/_2$ de sec et $^1/_2$ de Jacquez. |
| 18 | 4.6 | 1.0 | 4.6 | Mélange de $^3/_4$ de sec et $^1/_4$ de mauve noire. |
| 19 | | 2.0 | | Mauve noire en infusion aqueuse. |
| 20 | 6.2 | 0.6 | 10.0 | Autre vin de raisin sec pris en ville. |
| 21 | 7.1 | 1.0 | 7.1 | Vin acheté en ville à 30 cent. le litre au détail. |
| 22 | 10.8 | 1.2 | 9.0 | — — 50 — — |
| 23 | 7.1 | 0.8 | 8.8 | — — 30 — — |
| 24 | 7.1 | 1.2 | 5.9 | — — 30 — — |
| 25 | 9.1 | 2.4 | 3.7 | — — 40 — — |
| 26 | 9.1 | 1.2 | 7.5 | — — 40 — — |
| 27 | 8.1 | 1.3 | 6.2 | Vin présenté au laboratoire. |
| 28 | 7.1 | 2.1 | 3.4 | Vin de Carignan fait à l'école, devenu acide. |
| 29 | 9.1 | 3.0 | 3.0 | Vin présenté au laboratoire. |

mélangeant ces vins avec des vins rouges ordinaires ; pour avoir une proportion de matière jaune suffisante, il faudrait mélanger par moitié, ce qui ne donnerait qu'un minime avantage puisque le titre alcoolique baissant le vin aurait moins de valeur.

4° On voit que la plupart des vins rouges achetés en ville sont des vins de raisins secs, parfois un peu alcoolisés et additionnés de matière colorante artificielle.

5° En résumé, un vin qui titre 9 d'alcool, et 2,5 environ au permanganate, peut ne pas être fraudé ; mais un vin qui avec ce titre alcoolique ne réduirait que 1 à 1,5 de permanganate doit être soupçonné ; au-dessous de 1 on a presque une certitude comme au n° 23.

Ainsi, par une opération chimique assez simple et de peu de durée, on peut essayer un vin et se faire une première opinion sur sa nature.

ÉCHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT

# DES TERRES ARABLES ET DE LEURS ÉLÉMENTS

SOUS L'INFLUENCE

DE LA RADIATION SOLAIRE ET DU RAYONNEMENT TERRESTRE

Par M. F. MASURE

## TROISIÈME PARTIE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES DES DEUX PREMIÈRES PARTIES ET RÈGLES DE CULTURE QUI EN DÉCOULENT

### CHAPITRE IV

**Échauffement et refroidissement des terres arables, et mesures à prendre pour en éviter les excès.**

Des deux premières parties de ce travail publiées dans les numéros d'avril et de mai, on peut tirer les conclusions suivantes sur les lois de l'échauffement et du refroidissement des terres arables et de l'air ambiant où vivent et respirent les plantes :

#### I

**Échauffement et refroidissement des matières terreuses sous l'influence de la radiation solaire et du rayonnement terrestre.**

1° Les terres s'échauffent depuis le lever du soleil jusque vers 2 heures de l'après-midi ; à partir de ce moment, les effets du rayonnement terrestre l'emportant sur ceux de la radiation solaire, les terres se refroidissent jusqu'au lendemain matin.

Les variations de température sont très grandes quand les matières sont sèches.

2° Les limites de cet échauffement et de ce refroidissement varient au même lieu d'un jour à l'autre avec l'époque de l'année et avec l'état du ciel.

Dans les premiers jours d'août 1881 les températures ont varié à Orléans :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pour la terre de jardin de........ | 13°,4 à 43°,8 | écart de | 30°,4. |
| — le fumier.................... | 14°,2 à 44°,2 | — | 30° |
| — l'argile..................... | 13°,0 à 41°,6 | — | 28°,6 |
| — le sable..................... | 13°,2 à 40°,8 | — | 27°,6 |
| — le calcaire pulvérulent....... | 13°,0 à 39°,0 | — | 26° |

Ces écarts différents pour chaque élément terreux caractérisent leurs *pouvoirs absorbants* pour la chaleur solaire.

3° On voit, par cet exemple, qu'*à l'état sec*, le fumier (et le terreau qui en provient) est l'élément des terres arables qui est le plus chaud. L'argile s'en éloigne de 2 degrés, le sable de 3 degrés et le calcaire pulvérulent de près de 5 degrés.

4° En suivant d'heure en heure les températures de la terre et de ses éléments, on constate dans tous les cas que les terres bien fumées restent aux mêmes degrés de chaleur que le fumier lui-même.

Le fumier est donc, au point de vue de la chaleur, comme à beaucoup d'autres titres, l'élément le plus important des terres arables puisque c'est lui qui contribue le plus à les faire profiter de la chaleur solaire.

5° L'eau contenue dans les terres modifie profondément leurs degrés d'échauffement et de refroidissement.

Les limites des maxima et des minima se rapprochent d'autant plus que les matières sont plus mouillées, comme le montre le tableau suivant qui résume les observations les plus importantes de ce mémoire.

| | | Terre. | Fumier. | Argile. | Sable. | Calcaire. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Écarts entre les maxima et les minima. | à l'état sec. | 30.4 | 30 | 28 6 | 27.6 | 26.0 |
| | à demi saturés. | 23.4 | 22.6 | 22.5 | 23.6 | 20.2 |
| | à saturation. | 20.3 | 20.8 | 19.0 | 22.3 | 18.0 |

6° Ainsi, pour la terre comme pour chacun de ses éléments, l'échauffement est beaucoup moins grand quand ils sont mouillés qu'à l'état de sécheresse, et d'autant moins qu'ils sont plus rapprochés de la saturation.

Ces effets sont dus au refroidissement considérable produit par l'évaporation de l'eau. Tous les faits s'accordent pour montrer que le refroidissement est d'autant plus grand que l'évaporation est plus considérable et par conséquent que la matière contient plus d'eau.

7° De l'état sec à l'état de saturation, les degrés d'influence de l'humidité varient avec chaque élément.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pour la terre............ | de 30° | à 20°,5 | ou | 9°,5 |
| — le fumier.................. | | | | 10° |
| — l'argile..................... | | | | 9° |
| — le sable, seulement de....... | | | | 5° |
| — le calcaire pulvérulent....... | | | | 8°5 |

Ces différences dans l'abaissement des écarts de température proviennent des proportions d'eau différentes que peuvent contenir les divers éléments; ainsi le sable se refroidit moins que les autres, parce qu'il contient beaucoup moins d'eau, et qu'en conséquence son évaporation est plus faible.

8° A l'état d'humidité où sont le plus ordinairement les terres arables, les coefficients d'échauffement peuvent être représentés par les écarts entre les maxima et les minima :

| | Écarts. |
|---|---|
| Le sable (élément le plus chaud).. | 22° |
| Le fumier vient ensuite......... | 20° |
| Puis l'argile..................... | 19° |
| Et enfin le calcaire pulvérulent..... | 17° |
| La terre composée de ces éléments.. | 20°5 |

9° L'influence du sable dans l'échauffement des terres n'est pas aussi prépondérante que celle du fumier, car les terres sableuses s'échauffent moins que le sable, même quand il domine dans leur masse.

## II

### Règles de culture pratique à suivre pour obtenir dans le sol les températures les plus favorables aux actes de la végétation souterraine.

Les principaux actes de la vie souterraine des plantes sont la *germination des graines* et la *décomposition des engrais organiques* d'où proviennent les éléments de la sève.

Sans avoir déterminé rigoureusement jusqu'à ce jour les limites de température où ces actes peuvent s'accomplir, les agronomes s'accordent à penser que :

1° La germination des graines a lieu entre 5 et 15° (limites variant suivant les espèces) pour les plantes cultivées en France ;

2° La décomposition régulière des engrais est favorisée par des températures de 10° à 25°.

On peut donc poser en principe que pour favoriser la végétation des plantes cultivées, la température des sols arables doit être maintenue entre 5 et 25°, tant dans les champs de l'agriculture que dans

les jardins de l'horticulture, en modifiant dans ce dernier cas les limites suivant les besoins spéciaux de chaque espèce cultivée : en les élevant pour les plantes originaires des pays plus chauds, en les abaissant pour celles des contrées plus froides.

Dans tous les cas, il faut tenir compte de la nature du terrain puisque l'élévation de température sous l'influence de l'insolation dépend de sa composition physique.

1° *Culture des terrains sableux.* — On appelle ainsi les sols où les propriétés du sable dominent ; ce sont généralement ceux qui contiennent plus des 3/4 de leur poids de sable.

Le sable a un pouvoir absorbant moyen, ni excessif comme le fumier, ni faible comme le calcaire pulvérulent. Mais il absorbe et retient peu d'eau, de sorte qu'il est plus rapidement desséché que les autres éléments, et par suite s'échauffe davantage et souvent à l'excès pour la plupart des plantes. C'est pourquoi les terrains sableux éprouvent souvent un échauffement trop considérable pendant les périodes de sécheresse de l'été ; la maturation des graines y est souvent prématurée, les blés y sont *échaudés* (comme disent les paysans), si on ne prend pas de précautions pour prévenir cet accident.

Pour y parvenir on peut employer des moyens mécaniques, physiques et chimiques.

Moyens mécaniques : *Tassement de la surface par les roulages.* — Les labours et les hersages doivent être peu fréquents dans les terrains sableux ; il est préférable de tasser la surface par des roulages énergiques ; la partie supérieure du sol devient alors un abri pour les couches sous-jacentes qui restent plus humides et plus fraîches. Ce tassement n'a pas d'inconvénients, car la couche supérieure tassée reste encore assez perméable pour que l'eau et l'air à sa suite pénètrent les couches inférieures où la végétation s'accomplit. C'est par ce procédé que M. Menard, de Huppemeau, était parvenu à cultiver le blé avec succès même dans les sols sableux de la Sologne.

Moyens physiques : *Marnages et chaulages.* — Marner ou chauler un terrain sableux, c'est y mettre un élément, le *calcaire pulvérulent* qui est moins absorbant pour la chaleur solaire, et qui de plus, prenant et conservant plus d'eau de pluie, contribue encore par là davantage à modérer son échauffement.

Pour ces deux raisons, le marnage et le chaulage sont favorables

aux terrains sableux ; ils sont en outre essentiels à la culture des céréales et surtout des prairies artificielles qui ont besoin d'engrais calcaires.

Moyens chimiques : *Fumures abondantes.* — Le fumier absorbant la chaleur solaire, plus encore que le sable quand il est sec, serait mauvais dans les terrains sableux, si on l'employait en couverture. Dans la culture des plantes de nos pays, il ne conviendrait que pour les plantes originaires des contrées tropicales. Mais si on a soin de l'enterrer sous la couche sableuse tassée, il absorbera et retiendra en fortes proportions les eaux de pluie, le terrain sableux deviendra plus frais et se prêtera favorablement à la culture des céréales et des prairies.

*En résumé*, tasser la partie supérieure du sol, la marner ou la chauler et y enterrer le fumier profondément, tels sont les meilleurs moyens d'entretenir dans les sols sableux les températures les plus favorables aux plantes de grande culture.

2° Culture des terrains argileux. — On appelle ainsi les sols où dominent les qualités de l'argile; ce sont ceux qui contiennent plus du tiers de leur poids d'argile.

Le pouvoir absorbant de l'argile tient le milieu entre celui du fumier et celui du calcaire pulvérulent; elle devient rarement chaude à l'excès même en temps de sécheresse parce qu'elle conserve longtemps son humidité. Mais, quand elle a été mouillée à l'excès, elle se tasse et devient compacte, elle s'échauffe alors lentement et le plus souvent d'une manière insuffisante.

Les terrains argileux ont donc besoin, surtout au printemps et à l'automne, qu'on favorise leur échauffement, afin d'y activer la germination des graines et la décomposition des engrais. On y parvient par des moyens mécaniques et par des fumures abondantes.

Moyens mécaniques : *Labourages et hersages.* — Il faut préparer les sols argileux à la culture en ouvrant le sol à l'air et à la chaleur par des labours profonds et répétés, et en se gardant bien de tasser la surface ; au lieu d'aplatir le sol avec le rouleau, c'est la herse qu'il faut employer pour le diviser le plus possible.

Moyens physiques et chimiques : *Fumures abondantes.* — On parviendra surtout à réchauffer les sols argileux naturellement froids, par d'abondantes fumures au fumier de ferme qui, *physiquement*, augmenteront le pouvoir absorbant du terrain pour la chaleur solaire, et *chimiquement* contribueront, par la fermentation de leurs

engrais organiques à développer au sein du terrain une chaleur artificielle.

Il conviendra, dans les sols argileux d'enterrer peu profondément le fumier afin que son action physique reste assez efficace, mais il faudra se garder de l'employer en couverture parce qu'il se dessècherait trop vite et pourrait rendre l'accumulation de la chaleur trop forte. On s'attachera à le mélanger le mieux possible à la couche supérieure du sol que le fumier ameublira et rendra ainsi plus perméable à l'air et à la chaleur.

*En résumé*, préparer le terrain par des labours profonds, employer les hersages de préférence aux roulages, fumer copieusement en enterrant le fumier peu profondément, tels sont les meilleurs moyens d'entretenir dans les sols argileux les températures les plus favorables aux plantes de grande culture.

3° CULTURE DES TERRAINS CALCAIRES MARNEUX A L'EXCÈS. — Les terrains calcaires sont ceux où domine le calcaire, tels sont par exemple les *terrains crayeux* qui contiennent souvent plus des deux tiers de leur poids de calcaire. Mais ce calcaire étant presque entièrement à l'état sableux, ces terres sont naturellement assez chaudes; elles n'ont besoin que d'abondantes fumures.

Une seconde catégorie de terres calcaires comprend les *terrains marneux* où le calcaire est pulvérulent et mélangé intimement à l'argile. Les terres marneuses sont plus froides que les terres argileuses elles-mêmes.

Le calcaire a, en effet, un pouvoir absorbant plus faible que celui de tous les autres éléments. De plus, il absorbe et retient l'eau en fortes proportions, de sorte qu'il reste plus froid que tous les autres, aussi bien dans les périodes humides que dans les temps de sécheresse.

Les terrains calcaires et spécialement les terrains marneux demandent donc, plus que tous les autres, qu'on y favorise l'échauffement solaire, et cela en toute saison, car ils en ont besoin pour la maturation des graines en été et au commencement de l'automne, aussi bien que pour la germination et la végétation herbacée au printemps et à l'automne.

Pour y parvenir, on peut recourir simultanément à des moyens mécaniques et chimiques.

MOYENS MÉCANIQUES. — Les *labourages* et les *hersages* devront être fréquents pour ouvrir le sol à l'air et à la chaleur. Cela est

d'autant plus nécessaire que la pluie tasse aisément et promptement les terrains marneux; elle les met en bouillie qui bientôt s'essore et devient ferme et compacte.

MOYENS PHYSIQUES ET CHIMIQUES. — Le fumier de ferme sera favorable aux terrains marneux, *physiquement*, car il absorbera la chaleur solaire en fortes proportions; *chimiquement*, car aidé surtout du calcaire qui en active la décomposition, il échauffera artificiellement le sol et suppléera à l'insuffisance de l'absorption de la chaleur solaire par le calcaire. Il conviendra d'employer le fumier dans les terres calcaires en l'enterrant par un labour peu profond, suivi de plusieurs hersages qui le mélangeront aussi intimement que possible à la masse du sol.

*En résumé*, préparer le sol à la culture par des labours fréquents mais peu profonds et des hersages pratiqués en temps favorable, et fumer abondamment avec des fumiers de ferme intimement mélangés à la couche supérieure seront les meilleurs moyens d'entretenir dans les sols calcaires des températures favorables à la végétation.

4° CULTURE DES TERRAINS HUMIFÈRES. — On appelle ainsi les sols où dominent des détritus nombreux de plantes parasites, bruyères, joncs, etc. Ces matières organiques ont, comme le fumier, un pouvoir absorbant considérable, et, comme elles se dessèchent encore plus vite que lui parce qu'elles sont pauvres en matières animales (urines et autres), leur échauffement au soleil est plus excessif encore, surtout lorsque, comme c'est le cas le plus général, elles sont en même temps sableuses, telles que les terres de bruyère de la Sologne par exemple.

Il y a donc toujours utilité, surtout par les temps de sécheresse, de diminuer, autant que possible, l'échauffement naturellement trop grand de ces terrains.

*Moyens chimiques et physiques.* — Ces moyens consistent : 1° à employer le chaulage ou le phosphatage pour neutraliser l'acidité du terrain; 2° à y ajouter un abondant marnage destiné à le refroidir assez pour prévenir l'excès d'échauffement solaire.

Mais, comme cela ne fournirait pas des engrais suffisants aux plantes qu'on y cultive, il faudra: 3° y ajouter des *fumures* au fumier de ferme long et peu avancé dans sa décomposition, qu'on enterrera profondément, pour ne pas échauffer à l'excès la couche supérieure déjà très chaude naturellement. Enfoui dans les pro-

fondeurs du sol, le fumier y absorbera, en fortes proportions, les eaux de pluie et par suite pourra y conserver une chaleur favorable aux plantes de grande culture.

*Moyens mécaniques.* — Au besoin, si le sol humifère est sableux, on le tassera par un roulage plus ou moins énergique, suivant les cas, afin de conserver au fumier une fraîcheur suffisante pour qu'il ne s'épuise pas prématurément, mais qu'il conserve au contraire ses engrais pour les plantes qu'on doit y cultiver.

*En résumé*, dans les terrains humifères qui auront été assainis par les phosphates et les chaulages et amendés par les marnages, l'emploi des fumiers longs et enterrés profondément sera le meilleur moyen d'entretenir dans les sols une température favorable à la végétation.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES. *Importance exceptionnelle du fumier de ferme dans les sols arables, au point de vue de leurs propriétés calorifiques.* — D'après les préliminaires posés ci-dessus :

1° Le fumier est l'élément le plus chaud quand il est sec; en couverture, et même mêlé à la partie supérieure du sol, c'est l'élément qui favorise l'insolation avec le plus d'efficacité.

2° Il est encore au deuxième rang à l'état humide et même saturé d'eau. C'est toujours un élément chaud, mais qui n'a pas les propriétés excessives du sable; car son échauffement est tempéré par l'évaporation de la grande quantité d'eau qu'il peut contenir.

3° Enfin, quel que soit son degré d'humidité, la décomposition des engrais organiques qu'il contient est une source artificielle de chaleur qui ajoute ses effets à ceux de l'insolation.

C'est donc à juste titre, qu'on doit le conseiller pour favoriser l'échauffement des terrains argileux, des terrains marneux et de tous les sols qui ont besoin d'être échauffés.

C'est avec succès qu'on l'emploie pour la culture de toutes les plantes agricoles et horticoles qui ont besoin d'une chaleur modérée. En effet, ses propriétés calorifiques tempérées par les fortes proportions d'eau de pluie qu'il peut conserver, rendent l'emploi du fumier de ferme toujours favorable, même dans les sols sableux et dans les terres de bruyère, comme nous l'avons expliqué ci-dessus.

Il suffit d'abord pour prévenir les dangers d'un échauffement excessif d'enterrer assez profondément les fumiers pour que l'insolation n'ait pas de prise directe sur eux, et de tasser au besoin

la couche supérieure pour empêcher le dessèchement trop rapide de la couche sous-jacente où les fumiers ont été enfouis.

*L'importance du fumier dans l'échauffement des terres arables* est telle que, dans les 3 cartes qui représentent nos observations, nous voyons le diagramme de la terre de jardin, qui cependant ne contient que 5 p. 100 de son poids de matières organiques, suivre celui du fumier dans son échauffement, du lever au coucher du soleil, en s'écartant au contraire du diagramme des autres éléments. C'est donc le fumier surtout qui donne à la terre ses propriétés calorifiques, et comme les engrais du fumier sont utiles, sinon indispensables à la culture de toutes les plantes et dans tous les terrains, c'est à produire le plus de fumier possible et les meilleurs fumiers que doivent s'appliquer les agriculteurs.

Travaillez, prenez de la peine,
C'est le fonds qui manque le moins.

a dit le bon La Fontaine aux cultivateurs de son temps. On pourrait compléter son précepte général en leur conseillant d'appliquer leur travail à labourer, herser ou rouler leurs terrains avec intelligence, de mettre leurs soins à faire d'abondants fumiers et à les employer dans chaque terrain suivant sa nature physique.

## CHAPITRE V

### Conditions de température à remplir par la couche inférieure de l'air où les plantes respirent, fleurissent et mûrissent.

Nous venons d'exposer, en nous basant sur les conséquences qui découlent de nos observations sur l'échauffement solaire, les conditions que doivent remplir les sols arables pour être favorables à la culture des plantes, et d'indiquer en conséquence les moyens pratiques de leur faire remplir le mieux possible ces conditions.

Mais ce n'est pas seulement dans le sol que s'accomplissent les actes de la vie des plantes, c'est aussi dans la couche inférieure de l'atmosphère. C'est là, en effet, que leurs feuilles se nourrissent de l'acide carbonique et respirent l'oxygène afin d'élaborer les sucs destinés au développement de toutes les parties de la plante. C'est encore dans l'air que les fleurs s'épanouissent et que la fécondation des ovaires s'opère; c'est là, enfin, que les fruits et les graines mûrissent sous l'influence de la radiation solaire.

Au-dessous de 5°, la plupart des plantes cultivées ne peuvent végéter à l'aise; au-dessous de 0°, les gelées détruisent les jeunes pousses encore très tendres et les organes délicats des fleurs si bien que rien n'est redoutable autant que les gelées du printemps pour les viticulteurs et les horticulteurs.

En général, pour que les actes essentiels de la vie aérienne des plantes s'accomplissent vigoureusement, il faut des températures :

De 10 à 25° pour les fonctions des feuilles et des fleurs.

De 15 à 30° pour la maturation des fruits et des graines.

Cependant l'homme, qui peut exercer une influence directe sur l'échauffement du sol par les opérations mécaniques de sa culture, par ses amendements et ses fumures, ne peut agir directement sur la température de l'air des couches inférieures de l'atmosphère; il ne peut que modifier indirectement les conditions locales où se trouvent les plantes dans ces couches. Essayons donc de comprendre les divers modes d'échauffement et de refroidissement de l'air, afin d'en déduire les moyens pratiques de les rendre favorables à la vie aérienne des plantes.

## I

### Mode d'échauffement et de refroidissement de l'air atmosphérique.

La chaleur solaire traverse, sans l'échauffer, l'atmosphère tout entière et vient frapper la surface de la terre. Là une partie est *diffusée* ou réfléchie et renvoyée immédiatement vers les espaces célestes; le reste est *absorbé* par le sol et pénètre dans ses couches supérieures. Le sol échauffé rayonne à travers l'air une partie de la chaleur qu'il a absorbée et cette chaleur *émise* se joint à celle qui a été *diffusée* par la surface.

Les rayons calorifiques *diffusés et émis* par la terre peuvent échauffer les couches inférieures de l'atmosphère. En effet, cette chaleur provenant d'une source à basse température est en partie absorbée par l'air qu'elle traverse, et les proportions absorbées, nous le verrons bientôt, sont d'autant plus fortes que l'air est plus humide.

L'absorption de la chaleur diffusée et rayonnée par la terre est donc pour l'air une première source d'échauffement dont nous aurons à étudier ci-après l'influence. Mais il y en a une deuxième beaucoup plus importante, c'est celle qui résulte des courants as-

cendants de l'air échauffé directement au contact du sol. En effet la couche d'air qui touche la surface que viennent échauffer les rayons solaires, partage avec elle cette chaleur qui la dilate tellement que, devenue plus légère, elle s'élève dans l'atmosphère cédant la place à une couche plus froide qui vient se chauffer et s'élever à son tour; si bien qu'une sorte de vent chaud s'élève verticalement.

Le courant d'air chaud est la cause la plus puissante de l'échauffement des couches inférieures de l'atmosphère sous l'influence de la radiation solaire; son influence s'étend à de grandes hauteurs qui dépassent de beaucoup celle des plus grands arbres, sans qu'on ait pu jusqu'ici en déterminer les limites.

Les courants ascendants d'air chaud s'établissent et règnent dans les couches inférieures de l'atmosphère tant que le sol est plus chaud que l'air; en général pendant le jour et, d'après nos observations, depuis 2 heures environ après le lever du soleil jusque vers 2 heures après son coucher. (Voyez la carte n° I, n° d'avril des *Annales agronomiques.*)

Pendant la nuit, par suite du rayonnement terrestre qui continue, le sol qui ne reçoit plus de chaleur du soleil se refroidit de plus en plus jusqu'à son lever. L'air des couches inférieures devient alors plus chaud que le sol et se trouve ainsi dans des conditions spéciales que nous aurons à examiner au § III suivant.

## II

### Influences subies par l'air des couches inférieures dans son échauffement diurne.

1° *Effets directs du sol. Influence des expositions.* — C'est l'échauffement du sol qui, évidemment, a le plus d'influence sur celui de l'air lui-même. En effet : 1° C'est la surface du sol qui diffuse dans l'atmosphère une partie des rayons que le soleil lui envoie ; 2° C'est le sol lui-même qui émet dans l'air une partie de la chaleur qu'il a absorbée, et cette émission est d'autant plus grande que la terre s'est échauffée davantage; 3° Enfin, c'est encore l'échauffement de la surface de la terre qui, par les courants ascendants d'air chaud qu'il fait naître, répand la chaleur solaire dans les couches d'air où végètent les plantes.

C'est donc, on peut le poser en principe, le sol lui-même qui échauffe l'air ambiant; aussi respirons-nous un air plus chaud

quand un soleil ardent a échauffé la terre, un air plus frais quand la terre s'est refroidie.

En conséquence, tous les moyens pratiques que nous avons indiqués pour maintenir les terres arables dans les limites d'échauffement les plus favorables à la culture (les labourages plus ou moins profonds, suivant la nature froide ou chaude du terrain, les hersages des sols froids et les roulages des terrains chauds, et par-dessus tout l'abondance des engrais au fumier de ferme excellente pour les sols de toute nature), tous ces procédés pratiques de l'amélioration des terres arables auront aussi sur la température de l'air que respireront les plantes les effets les plus favorables.

Mais, à ces moyens généraux, on peut encore assez souvent en ajouter d'autres, en profitant des influences secondaires qui agissent sur l'échauffement de l'air.

Ainsi, les horticulteurs peuvent y ajouter en pratique les effets des expositions. Ils mettront en espaliers, au midi, les arbres qui ont besoin de plus de chaleur afin que, pour eux, à l'échauffement direct du sol s'ajoute la réverbération de la chaleur par le mur. Ils choisiront en un mot pour chaque espèce d'arbres fruitiers l'exposition qui leur conviendra le mieux.

Les agriculteurs devront en faire autant pour leurs coteaux; ils mettront de préférence leurs vignes au midi et leurs prairies au nord.

*2° Effets de l'humidité de l'air sur son échauffement. Influence des pluies et des arrosages.* — Nous avons indiqué plus haut (p. 309) que l'absorption par l'air ambiant de la chaleur émise par la terre est d'autant plus grande que cet air est plus humide. C'est pourquoi après les pluies, quand les couches inférieures de l'atmosphère sont saturées de vapeur d'eau, la radiation solaire sur la terre détermine dans l'air un échauffement beaucoup plus intense qu'après les périodes de sécheresse; cet air chaud et humide rend la respiration difficile pour l'homme et les animaux; en revanche la végétation est activée par cette chaleur humide, elle fait aussi les plus rapides progrès après les pluies chaudes.

Les horticulteurs mettent à profit cet enseignement de la nature en arrosant leurs jardins le soir, après le coucher du soleil; ils favorisent dans leurs enclos la saturation de l'air pendant la nuit, et le lendemain, dès le lever du soleil, l'air humide s'échauffe rapidement, les feuilles respirent à l'aise et se nourrissent activement, si

bien que les plantes se développent plus largement dans les jardins arrosés que dans les champs plus arides.

Si les agriculteurs ne peuvent pas suivre l'exemple des jardiniers en arrosant leurs champs, ils doivent au moins profiter des rivières et des ruisseaux qui sillonnent la plaine pour arroser leurs prairies.

4° *Effets de la transpiration des plantes. Influence favorable des prairies sur la culture.* — Les plantes herbacées ont pour l'air ambiant une influence semblable à celle des pluies; leur transpiration, en effet, fournit à l'air environnant des quantités de vapeur considérables. Nous avons constaté nous-même par l'expérience que, du 18 mai au 6 août 1881, de l'avoine très fournie avait en moyenne et par jour transpiré plus de 17 kilos d'eau par mètre carré; que de l'orge un peu moins serrée en avait transpiré près de 12 kilos. Il en résulte que dans les plaines cultivées, surtout dans celles où les près dominent, l'air des couches inférieures de l'atmosphère est notablement plus humide et par suite plus favorable à la végétation que dans les plaines nues. Ce ne serait donc pas en laissant les terres en jachère dans de grandes proportions que les agriculteurs rendraient l'échauffement de l'atmosphère favorable aux plantes cultivées; ils doivent comprendre que, plus ils étendront leurs cultures et surtout leurs prairies vertes, plus ils favoriseront la végétation des autres plantes. Les plantes à longues racines, les luzernes surtout vont chercher dans les profondeurs des sous-sols l'eau nécessaire à leur transpiration, et cette eau répandue dans l'air des couches inférieures lui donne un degré d'humidité favorable à tous les points de vue au développement de toutes les cultures de la contrée.

5° *Effets de la transparence de l'air. Emploi des abris en verre en horticulture.* — Quand l'atmosphère est sèche au contraire, les variations des températures dans les couches inférieures sont excessives; la chaleur, très élevée dans les après-midi, tombe très bas pendant la nuit, parce que l'air sec laisse passer presque toute la chaleur rayonnée par le sol, et que, par conséquent, la terre se refroidit davantage.

C'est ainsi que les montagnes élevées où l'air est très sec restent couvertes de neiges perpétuelles, bien qu'elles reçoivent du soleil au moins autant de chaleur que les vallées profondes; c'est encore par suite de la sécheresse de l'air que, dans les déserts de l'Afrique,

les nuits sont si froides malgré la chaleur torride des après-midi.

Or, les variations excessives de température, du soir au matin, qui se produisent pendant les périodes de sécheresse sont plus dangereuses pour les plantes délicates que les chaleurs élevées et continues de l'été, ou les froids excessifs et continus de l'hiver; c'est donc à éviter ces excès que doivent s'appliquer les horticulteurs. Ils y parviennent, en mettant leurs plantes précieuses à l'abri du rayonnement terrestre de la nuit dans des serres vitrées qui empêchent la chaleur du sol de passer et la conservent ainsi pour les plantes; ils ont soin d'ouvrir les serres pendant le jour pour que les températures n'y deviennent pas excessives; ils ne les ferment que pendant les nuits trop fraîches. C'est pour les mêmes raisons que les horticulteurs font germer leurs graines dans des bâches sur d'épaisses couches de terreau; ils entr'ouvrent le couvercle vitré pendant les heures de chaleur excessive et le rabattent pendant la nuit. Les cloches à melon remplissent le même but pour obtenir des températures assez élevées pour mûrir ces fruits.

6° *Effets des nuages. Influence de l'état du ciel.* — Les nuages ont pour effet de préserver les couches inférieures de l'atmosphère des excès de température. Pendant le jour, ils interceptent les rayons solaires qu'ils diffusent dans les espaces célestes; il en résulte que la terre et par suite l'air s'échauffent moins. Pendant la nuit, ils renvoient vers le sol la chaleur rayonnée par la terre si bien que la température baisse beaucoup moins. A toutes les époques de l'année, les météorologistes ont constaté que, par les temps couverts, les variations de température ne sont jamais excessives et par suite jamais à craindre.

Les journées critiques, pour les agriculteurs comme pour les horticulteurs, sont, au contraire, celles où le ciel reste longtemps pur et où par suite l'air devient sec; c'est alors qu'on voit les céréales échaudées ou grillées en été par suite d'un échauffement excessif pendant le jour, les jeunes bourgeons des arbres fruitiers et de la vigne gelés au printemps par suite du refroidissement excessif des nuits. Nous verrons plus loin comment on peut combattre le fléau des gelées printanières.

7° *Effets de la direction des vents.* — Les effets de la direction des vents sont considérables, surtout quand ils soufflent avec force. On comprend en effet que les vents du sud apportent avec eux l'air chaud de la contrée qu'ils viennent de traverser, tandis que les vents

du nord amènent un air plus froid. C'est ainsi que dans nos observations du 5 août par un vent d'est persistant, la température ne s'est élevée qu'à 29°, bien que la terre fût très chaude; tandis que le 19 juillet où la terre était moins échauffée, la température de l'air s'est élevée à 38° par suite de la persistance d'un vent du sud. En général, l'influence du vent est si prépondérante au point de vue de la chaleur que c'est sa *direction* qui détermine le plus souvent les variations quotidiennes de température, de sorte que si on pouvait régler le vent on serait maître de régler la température; mais nous n'avons aucune prise sur cette force de la nature, et nous ne pouvons qu'en modérer un peu les effets dans des cas exceptionnels, pour préserver le sol et l'air des froids excessifs qui peuvent amener les gelées désastreuses du printemps.

## III

### Effets du rayonnement nocturne de la terre sur la température des couches inférieures. Influences qui s'exercent sur leur refroidissement.

1° *Effet du rayonnement terrestre.* — Le refroidissement de la terre commencé vers deux heures de l'après-midi, se continue après le coucher du soleil, et persiste jusqu'au lever du lendemain, mais alors les conditions où se trouvent la terre et l'air sont différentes de celles du jour. Pendant la nuit, en effet, la terre ne reçoit plus de chaleur du soleil; elle continue à en émettre, et cette chaleur émise traversant l'atmosphère va se perdre dans les espaces célestes, quand le ciel est pur, si bien que, quelques heures à peine après le coucher du soleil, le sol est plus froid que l'air lui-même. Alors, les conditions changent pour l'atmosphère; ses couches inférieures ne sont plus, comme pendant le jour sillonnées par les courants ascendants d'air chaud qui, nous avons vu plus haut, ont l'avantage de répartir à des hauteurs considérables la chaleur prise à la surface du sol. Pendant la nuit, la couche d'air qui touche le sol se refroidit à son contact, devient plus dense et reste dans les bas-fonds de l'atmosphère. Les couches superposées ne participent qu'indirectement au refroidissement, si bien qu'à quelques mètres du sol, l'air se trouvait, dans nos observations, de 2° à 3° plus chaud que la surface de la terre.

C'est dans ces conditions que la rosée se forme et vient, en purgeant l'air de ses miasmes putrides et de ses gaz acides et alcalins

sortis de la terre pendant le jour, enrichir le sol arable d'engrais actifs qui raniment la végétation et lui donnent chaque matin un nouvel essor.

2° *Causes des gelées du printemps.* — Mais si le refroidissement du sol pendant la nuit fait naître des rosées fécondantes, il peut, quand il est excessif, produire sur les plantes des effets désastreux qu'il importe de conjurer par des mesures de précaution.

Il arrive en effet souvent, au printemps, que le sol devient plus froid que la glace par suite du refroidissement nocturne. Les bourgeons de la vigne, les boutons des arbres fruitiers, les jeunes pousses de toute sorte, gorgées de sucs aqueux, peuvent geler à 1 ou 2° au-dessous de 0° ; aussi le mois d'avril est-il une époque critique pour les horticulteurs et les viticulteurs ; les jardiniers et les vignerons redoutent avec raison la lune d'avril, qu'à cause de ses effets sur les jeunes pousses ils qualifient de lune rousse ; aussi trouveraient-ils bons tous les moyens pratiques, propres à préserver leurs plantes des effets des gelées printanières. Ils découvriront ces moyens en comprenant bien les influences que peut subir le rayonnement nocturne de la terre.

3° *Effets de l'inclinaison du sol. Influence des bas-fonds et des coteaux.* — C'est un fait reconnu depuis longtemps que les vignes gèlent plus souvent dans les bas-fonds que sur les lieux élevés et particulièrement sur les coteaux. L'explication de ce fait résulte de ce que nous avons dit plus haut. L'air, refroidi au contact du sol d'un coteau, devient plus dense, il descend alors du coteau dans la vallée et est remplacé au sommet par des couches moins froides descendant de l'atmosphère. En conséquence, ce sont les coteaux abrités des vents du nord et de l'est que les viticulteurs doivent choisir pour leurs vignobles.

4° *Effets de l'humidité de l'air. Influence des arrosages du soir.* — Nous l'avons dit plus haut, mais nous ne saurions trop le répéter ici, plus l'air est humide, moins il est transparent pour la chaleur émanée du sol. La grande humidité des couches inférieures de l'atmosphère contribue donc à préserver les plantes des gelées du printemps. La rosée elle-même qui provient de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique, réchauffe les plantes en y dégageant sa chaleur latente ; cette rosée peut geler à la surface des feuilles, mais elle préserve d'autant les sucs intérieurs de la plante, il n'y a pas trop à s'en préoccuper. C'est pourquoi il sera donc bon, en

temps de sécheresse, quand le ciel est pur et les gelées à craindre, d'arroser le soir les jardins, afin de rendre l'air plus humide et par conséquent le refroidissement nocturne moins considérable. Il faudra dans ce cas avoir soin d'arroser le sol plutôt que les feuilles, afin de ne pas les attendrir et surtout de ne pas les affaisser vers le sol. Or, d'après nos observations répétées pendant plusieurs années, l'évaporation de l'eau de la terre cesse, en général, vers minuit, pour être remplacée par la condensation des vapeurs de l'air sur la terre et ne reprend que 2 ou 3 heures après le lever du soleil. C'est donc avant le coucher du soleil qu'il convient d'arroser les jardins, si on veut y entretenir l'humidité de l'air, les arrosages du matin n'auraient aucun effet sur les couches inférieures de l'atmosphère.

La transpiration des plantes est également très faible pendant la nuit, aussi voit-on les feuilles, un peu fanées par la transpiration excessive du jour, se relever pendant la nuit, surtout si on a eu soin d'arroser le soir les terrains trop secs.

5° *Effets des nuages. Emploi des abris.* — L'influence la plus considérable que subit le rayonnement nocturne est celle de l'état du ciel. Quand le temps est couvert, les gelées printanières ne sont pas à craindre; le refroidissement du sol ne peut alors être excessif, car les nuages renvoient sur la terre la plus grande partie de la chaleur qu'elle rayonne. Au contraire, quand le ciel est pur pendant la nuit, la chaleur émise par le sol va se perdre dans les espaces célestes, le refroidissement est excessif et les gelées fréquentes dans la saison du printemps.

Le meilleur moyen d'en prévenir les effets, serait donc de faire naître des nuages au-dessus des plantes qu'on veut préserver des gelées. On a essayé pour les vignes de produire des nuages de fumée et parfois on a réussi, mais le moyen est dispendieux et souvent insuffisant. Il ne serait pas davantage praticable d'essayer de couvrir d'abris les vignobles entiers de quelque étendue.

En revanche, les horticulteurs réussissent assez facilement à préserver des gelées printanières leurs arbres à fruits (abricotiers, pêchers, etc.) en espaliers au moyen d'abris en toile ou en paille dressés sur les murs au-dessus des arbres. Pour leurs plantes de prix, ils mettent chaque jour, des paillassons sur des supports assez élevés pour ne pas toucher, ni offenser les plantes; ou bien ils les mettent à l'abri sous des bâches ou dans des serres. En

tout cas, aucun soin n'est épargné par les horticulteurs pour préserver leurs produits des gelées redoutables du printemps.

6° *Effets des vents forts.* — En général, un vent un peu fort préserve les plantes des gelées du printemps, parce que le vent emporte avec lui la couche d'air refroidie au contact du sol, la remplace par des couches plus chaudes et empêche ainsi le refroidissement excessif de la terre. Si donc on pouvait faire naître des vents artificiels au-dessus des vignobles, on les préserverait jusqu'à un certain point des gelées du printemps ; on y parvient en partie en allumant des feux de paille humide du côté d'où vient le vent, la fumée et le courant d'air chaud, retardent la gelée des jeunes bourgeons.

7° *Effets des vents froids du nord et de l'est. Emploi des bordures d'arbres pour les vignobles.* — Les effets de la direction des vents que nous avons signalés dans l'échauffement de l'atmosphère pendant le jour ne sont pas moins marqués pendant la nuit. Les plus funestes pour les gelées du printemps sont ceux du nord et surtout ceux du nord-est. Ces vents en effet apportent en France l'air froid et sec de la Prusse et de la Russie du Nord ; aussi quand le ciel est pur et que le vent souffle du nord-est, au mois d'avril et même en mai, il est rare que le refroidissement nocturne ne soit pas excessif et n'occasionne des dégâts par les gelées tardives qui en sont les conséquences.

Les horticulteurs préservent leurs plantes délicates des vents du nord et de l'est en les mettant à l'abri des murs de clôture disposés au nord et à l'est. Les viticulteurs peuvent aussi préserver leurs clos des vents de nord-est sans même les entourer de murs. Ils n'auront qu'à planter à quelques mètres de distance au nord-est de leurs vignes, une rangée de peupliers ou autres arbres élevés assez serrés pour intercepter et briser le vent. Nous avons bien des fois constaté les excellents effets de cette disposition que nous ne saurions trop recommander aux viticulteurs intelligents.

M. Boreau, chef des travaux pratiques à l'École de Grignon, réussit très bien à préserver les vignes des gelées printanières, en semant du seigle entre les ceps ; au mois d'avril, le seigle déjà haut forme au-dessus des vignes un abri suffisant pour empêcher le rayonnement nocturne ; à la fin du mois de mai, quand les gelées ne sont plus à craindre, le seigle est coupé et employé comme fourrage vert. (*Note de la rédaction.*)

DE LA

# CULTURE DU TOPINAMBOUR COMME PLANTE ALCOOLISABLE

## COMPARÉE A LA BETTERAVE

PAR

STEPHEN DAVID

Ingénieur-distillateur.

La culture du topinambour, bien qu'elle soit, généralement, reconnue avantageuse, principalement dans les sols médiocres où la betterave ne pourrait être utilement cultivée, ne s'est pas, à beaucoup près, étendue dans les mêmes proportions que celle de cette dernière racine, surtout au point de vue de son emploi à la production de l'alcool dans la ferme, qui est resté limité à un très petit nombre d'applications, et cela malgré les bons résultats obtenus.

Il serait pourtant à désirer, dans l'intérêt de nombreuses régions, privées jusqu'ici, par la nature de leur sol, ou par leur climat, des avantages dus aux récoltes industrielles, que cette culture réussît à s'y implanter.

Le Midi, notamment, si éprouvé par la perte de ses vignes, trouverait là une source importante de profits; des essais ayant été, depuis quelques années, tentés dans cette voie, il nous a semblé utile, pour encourager à les continuer, de faire ressortir, par une comparaison avec les éléments connus de la culture de la betterave et de sa distillation agricole, les résultats qu'on peut obtenir de celle du topinambour.

L'examen de ces chiffres comparatifs démontrera que, loin d'être moins avantageuse, la culture du topinambour, en vue de cette application industrielle, présente des conditions tout aussi favorables que celles de la betterave.

Dans le but d'établir, avec exactitude, le prix de revient de cette récolte, et l'évaluation de son produit, à l'hectare, des expériences très précises ont été faites, dans le Gard, par M. U. Molines, sous les auspices de la Société d'agriculture de ce département; on les trouvera résumées dans le tableau suivant.

TABLEAU I. — EXPÉRIENCES DE M. MOLINES. (CULTURE DU TOPINAMBOUR.)

| | PRODUIT A L'HECTARE. | | POIDS MOYEN des TUBERCULES PAR PIED. | PRIX DE REVIENT. | | DÉTAIL DES FRAIS PAR HECTARE. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TUBERCULES. | TIGES SÈCHES. | | PAR HECTARE. | PAR 1000 KIL. | SEMENCE. | CULTURE. | ARRACHAGE. |
| | kil. | kil. | | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| 1er essai; arrachage à la bêche... | 12.815 | 10.252 | 0.308 | 287.80 | 22.15 | 21.20 | 100.00 | 166.60 |
| 2e essai; arrachage à la bêche.... | 19.502 | 15.601 | 0.468 | 360.85 | 18.50 | 32.70 | 100.00 | 288.15 |
| Moyenne................ | 16.158 | 12.926 | 0.388 | 324.32 | 20.47 | 26.95 | | 197.37 |
| 3e essai; arrachage à la charrue.. | 15.128 | » | 0.362 | 233.75 | 15.45 | 32.70 | 100.00 | 101.05 |
| Avec ramassage de demi des tubercules laissés en terre.......... | 17.000 | » | 0.409 | | 13.75 | | | |
| Moyenne générale.............. | 16.095 | » | 0.380 | 279.00 | 16.55 | 29.80 | 100.00 | 149.20 |

Ces résultats peuvent être pris comme un minimum, attendu qu'on s'était placé à dessein, dans un sol médiocre, provenant d'une vigne défrichée, sans défoncement et sans fumure, circonstances peu favorables, encore aggravées par une longue sécheresse.

Néanmoins, le prix de revient des 1000 kilos de tubercules ne ressort, en moyenne, qu'à 16 fr. 55, et pour une récolte de 16 000 kilos seulement à l'hectare.

Tout fait donc présumer, qu'en se plaçant dans des conditions de culture plus normales, et à l'aide d'une fumure convenable, on arriverait au produit ordinaire, soit 25 à 30000 kilos à l'hectare, chiffre indiqué par M. Boussingault, ce qui réduirait le prix de revient à 14 ou 15 francs au maximum.

M. Molines reconnaît qu'avec l'arrachage à la charrue, opéré très imparfaitement, un cinquième, environ, des tubercules est resté en terre.

Dans la Dordogne, on a obtenu, l'année dernière, sur des cultures d'une certaine importance, un produit de 35000 kilos à l'hectare.

En prenant, comme moyenne, le chiffre de 30000 kilos, la culture d'un hectare, planté en topinambours, donnerait la récolte suivante :

| | |
|---|---|
| Produits : 30.000 kil. tubercules, à 20 fr. les 1000 kil........... | 600.00 |
| Frais, à déduire, culture et récolte, à 15 fr. les 1000 kil........... | 450.00 |
| Bénéfice net............... | 150.00 |

En utilisant la récolte à la production de l'alcool, les bénéfices s'accroîtraient considérablement, ainsi qu'on peut en juger par le tableau suivant, établissant les comptes de fabrication d'une distillerie agricole.

Dans ces comptes, le rendement en alcool a été évalué à 4,50 p. 100 pour la betterave, et à 6,66 p. 100 pour le topinambour, ce qui est la moyenne obtenue pratiquement.

Le prix de la betterave n'a été porté qu'à 18 francs, bien que sa valeur généralement admise soit de 20 francs.

La pulpe a été comptée à 1/2 de la valeur de la matière qui la fournit.

Les frais de fabrication du topinambour ont été majorés d'environ moitié sur les chiffres admis pour la betterave, en raison des conditions spéciales à son travail.

La manutention en est plus coûteuse, vu le faible volume des

COMPARAISON ENTRE LES TOPINAMBOURS ET LES BETTERAVES.

| MATIÈRE PREMIÈRE EMPLOYÉE. | FRAIS DE FABRICATION PAR 1000 KIL. | | | PRIX DE REVIENT PES 100 KIL. FABRIQUÉS. | | | | QUANTITÉ employée à l'hectol. d'alcool. | PRIX de revient de l'hectol. alcool brut. | PRIX de la rectification. | PRIX de revient total de l'hectolitre d'alcool rectifié. | PRIX ressortant aux 1000 kil. travaillés l'alcool compté à 55 fr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Combustible | Main-d'œuvre. | Acide et divers. | Total des frais de fabrication. | Intérêt et amortissement. | Valeur des 1000 k. matière. | Total. | | | | | |
| Betterave........... | 1.40 | 1.90 | 1.70 | 5.00 | 1.75 | 18.00 | 24.75 | | | | | |
| A déduire : pulpe 70 p. 100 = 700 kil. à 9 fr........... | | | | | | | 6.30 | | | | | |
| | | | | | | | 18.45 | 2.220 k | 41.00 | 7.00 | 48.00 | 21.15 |
| Topinambour....... | 2.10 | 2.80 | 2.55 | 7.75 | 2.35 | 16.00 | 25.80 | | | | | |
| A déduire, pulpe 60 p. 100; 600 k. à 8 fr. | | | | | | | 4.80 | | | | | |
| | | | | | | | 21.00 | 1.500 | 31.50 | 10.00 | 41.50 | 25.00 |
| Différence en faveur du topinambour.................. | | | | | | | | | — 9.50 | | — 6.50 | + 3.85 |

tubercules, et le lavage plus difficile; en outre, sa plus grande richesse en sucre exige une durée de macération plus longue que pour la betterave, ce qui augmente la proportion de jus à distiller, et par suite la dépense de combustible, ainsi que celle d'installation des appareils.

Il a aussi été ajouté, au prix de la rectification, 3 francs par hectolitre d'alcool, représentant le coût du transport, en prévision qu'il n'existerait pas d'usines spéciales de rectification, dans le rayon où s'établiraient, au début, les premières distilleries agricoles de topinambours; mais, dans le cas où celles-ci rectifieraient elles-mêmes leurs alcools bruts, pour les livrer directement à la consommation, cette différence viendrait alors en augmentation de bénéfice.

Le prix de revient de l'alcool étant établi, il reste à déterminer le bénéfice qu'on peut espérer, en se basant sur le prix moyen des alcools.

Depuis vingt ans, la bourse de Paris dépasse en moyenne le chiffre de 60 francs l'hectolitre; mais bien que le Midi bénéficie en plus d'un écart de 5 francs environ, représentant le transport, et afin de rester à l'abri de toute exagération, nous prendrons pour base le prix de 55 francs seulement.

Le bénéfice sera donc pour la betterave, 7 francs par hectolitre (prix de revient 48 francs) et pour le topinambour 13fr.50 (prix de revient 41 fr. 50).

Appliquant ces résultats à la culture d'un hectare, on trouve comparativement,

| | |
|---|---|
| Pour le topinambour, 30.000 kil. à 6.66 p. 100 alcool = 20 hect. × 13 fr. 50 = | 270 fr. » |
| Et pour la betterave, 45.000 kil. à 4.50 p. 100 alcool = 20 hect. 25 × 7 fr. » = | 141 fr. 75 |
| Soit, en faveur du topinambour, une plus-value par hectare de....... | 128 fr. 25 |

Ce résultat serait exact, si le cultivateur achetait les matières premières qu'il livre à la distillerie; mais il n'en est pas ainsi; il les récolte et doit, par suite, faire entrer en ligne de compte la quantité proportionnelle de pulpe, fournie par l'une et l'autre des cultures.

Or, la betterave ayant produit 45000 kil. à l'hectare, laissera en nourriture, à la ferme, 70 p. 100 de ce poids, en pulpes, rendues par la distillerie au prix de 9 francs les 1000 kil.

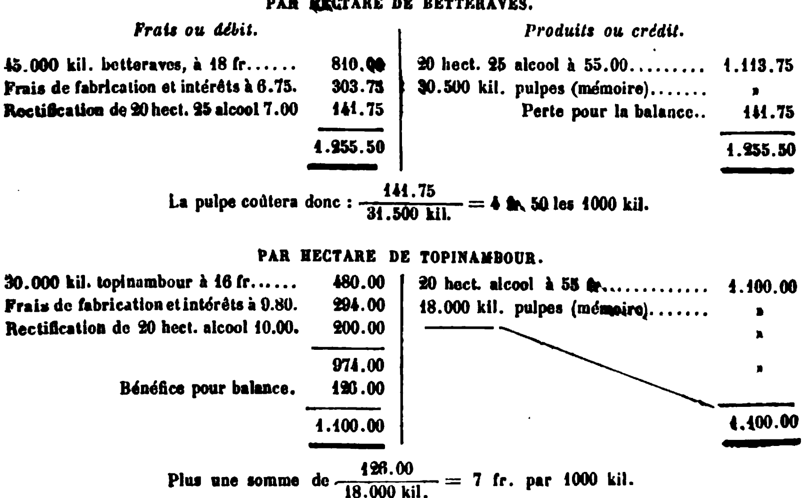
| | | |
|---|---|---|
| Soit pour 31.500 kil. une valeur de | | 283 fr. 50 |
| Qui doit être ajoutée au bénéfice réalisé sur l'alcool | | 141 fr. 75 |
| L'hectare cultivé en betteraves aura donc rapporté au total | | 425 fr. 25 |
| Le topinambour ayant produit 30.000 kil. donnera à raison de 60 p. 100, 18.000 kil. de pulpes, à 8 fr. les 1000 kil | 144 fr. 00 | |
| A ajouter au bénéfice sur l'alcool | 270 fr. 00 | |
| L'hectare cultivé en topinambour aura rapporté | 414 fr. 00 | 414 fr. 00 |
| Soit différence | | 11 fr. 25 |

Le résultat de ces deux récoltes est sensiblement le même, l'excédent de produit d'alcool venant compenser pour le topinambour l'infériorité de celui en pulpes.

D'ailleurs, on ne doit pas perdre de vue que, pour la betterave, les frais de culture s'élèvent, au minimum, à 800 francs par hectare, soit près du double de ceux du topinambour.

Cette dernière culture réalise donc, dans des terres bien inférieures, et avec une mise de fonds réduite de près de moitié, le même produit à l'hectare.

Il n'est pas sans intérêt de rechercher à quel prix réel ressort la pulpe, dans l'une et l'autre des cultures, en la considérant comme le dernier terme de l'opération, au lieu de lui donner une valeur fixe, dans le compte de fabrication qui s'établirait alors ainsi.



PAR HECTARE DE BETTERAVES.

| *Frais ou débit.* | | *Produits ou crédit.* | |
|---|---|---|---|
| 45.000 kil. betteraves, à 18 fr. | 810.00 | 20 hect. 25 alcool à 55.00 | 1.113.75 |
| Frais de fabrication et intérêts à 6.75. | 303.75 | 30.500 kil. pulpes (mémoire) | » |
| Rectification de 20 hect. 25 alcool 7.00 | 141.75 | Perte pour la balance.. | 141.75 |
| | 1.255.50 | | 1.255.50 |

La pulpe coûtera donc : $\frac{141.75}{31.500 \text{ kil.}}$ = 4 fr. 50 les 1000 kil.

PAR HECTARE DE TOPINAMBOUR.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 30.000 kil. topinambour à 16 fr. | 480.00 | 20 hect. alcool à 55 fr. | 1.100.00 |
| Frais de fabrication et intérêts à 9.80. | 294.00 | 18.000 kil. pulpes (mémoire) | » |
| Rectification de 20 hect. alcool 10.00. | 200.00 | | » |
| | 974.00 | | » |
| Bénéfice pour balance. | 126.00 | | |
| | 1.100.00 | | 1.100.00 |

Plus une somme de $\frac{126.00}{18.000 \text{ kil.}}$ = 7 fr. par 1000 kil.

En résumé, on voit que, sous tous les rapports, le topinambour peut lutter avec avantage contre la betterave, comme récolte industrielle.

Il est donc permis d'espérer voir, dans un avenir rapproché, sa culture se généraliser, dans le Centre et dans le Midi, ainsi qu'il est arrivé pour la betterave, dès que quelques applications sérieuses seront venues démontrer pratiquement aux agriculteurs l'exactitude de ces données et les avantages qu'ils sont appelés à retirer de l'emploi du topinambour comme plante à alcool.

---

## TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

---

### Sur les transformations de la matière azotée dans le sol,

PAR M. ROBERT WARINGTON.

(*The Agricultural Gazette*, 1883.)

Il y a, encore aujourd'hui, bien des points obscurs dans l'étude de la terre arable, tant au point de vue de sa composition chimique, qu'à celui des changements qui surviennent dans l'état de ses divers éléments et de la part qu'elle fournit à l'alimentation végétale. Ceci est vrai surtout pour les matières organiques azotées, dont on ne sait même pas faire l'analyse exactement, et qu'on détermine presque toujours par une simple calcination qui donne des résultats trop forts. Nous ne pouvons suivre dans ses transformations qu'un seul élément de ces matières, l'azote; nous allons essayer ici de rechercher ses origines et les causes de sa déperdition.

Une terre arable de fertilité moyenne contient, dans la première couche superficielle de neuf pouces d'épaisseur, environ 3300 kilos d'azote et 33 000 kilos de carbone combinés par hectare : nous allons essayer de faire voir que ces éléments, engagés en combinaison organique, proviennent de la décomposition des résidus de récoltes ou de fumures antérieures : la fertilité actuelle sera, dès lors, une conséquence de la fertilité ancienne.

Il est vrai que le sol reçoit constamment, avec la pluie, une petite quantité d'azote ammoniacal ou nitrique qui s'élève environ à 3 kilogrammes par hectare et par an, la terre absorbe aussi un peu d'ammoniaque disséminée dans l'atmosphère, mais la quantité d'azote acquise ainsi est toujours trop faible pour entrer en comparaison avec celle qui existe dans les résidus des récoltes et qui constitue le véritable fonds de fertilité du sol; c'est à peine si ces légers gains arrivent à contrebalancer les pertes qui s'effectuent journellement sur nos terres; nous ne nous en occuperons pas.

Nous trouvons, dans les expériences de Rothamsted, la preuve évidente que la fertilité du sol est intimement liée à sa richesse en carbone et en azote organique; on y voit de plus que cette richesse est d'autant plus grande qu'on a employé davantage d'engrais organiques : ainsi, c'est toujours la parcelle sans engrais qui renferme le moins de carbone et d'azote; viennent ensuite les parcelles qui reçoivent des engrais minéraux, seuls ou additionnés de sels ammoniacaux, enfin la parcelle au fumier de ferme qui est constamment la plus riche et souvent la plus productive.

On pourrait croire que l'excès d'azote contenu dans le sol des parcelles qui ont reçu des sels ammoniacaux est dû à une absorption de l'ammoniaque par la terre; les dosages de carbone montrent qu'il n'en est rien; ce principe, en effet, croît toujours en même temps que l'azote et est, par conséquent, engagé dans une même combinaison organique. Dans tous les cas, l'accroissement d'azote est déterminé par les résidus que laissent dans le sol les récoltes antérieures; il est donc d'autant plus fort que celles-ci ont été plus abondantes. On en trouve une preuve évidente dans la comparaison de nos deux parcelles 10 a et 7 a : la première n'a jamais reçu, depuis trente ans, que des sels ammoniacaux, sans substances minérales, elle a fourni, en moyenne, 3860 kilos de blé, paille et grain, par hectare et par an; la seconde a donné 6400 kilos de récolte sous l'influence d'un engrais complet inorganique, contenant la même quantité de sels ammoniacaux. En 1881, la couche superficielle du sol de 7 a contenait 0,121 d'azote et 1,267 de carbone combiné p. 100; la parcelle 10 a renfermait seulement 0,103 d'azote et 1,095 de carbone. On trouve d'ailleurs la preuve que l'ammoniaque n'est pas retenue dans le sol, par ce fait que les eaux de drainage renferment, sous forme de nitrates, la plus grande partie de l'azote qui n'a pas été utilisé par la culture.

La parcelle qui a reçu du fumier de ferme, pendant 38 ans, est aujourd'hui la plus riche : elle renferme, à la surface, 0,184 d'azote et 2,132 de carbone; cet accroissement est dû aux débris du fumier, en même temps qu'aux résidus de culture, presque aussi considérables que sur la parcelle à l'engrais complet.

Les expériences sur l'orge ont donné des résultats analogues, un peu moins marqués, cependant, pour ce qui est des résidus laissés par les récoltes; cela tient sans doute à ce que les racines de l'orge sont moins étendues que celles du blé. L'influence des engrais or-

ganiques est, en revanche, des plus nettes; la parcelle à l'engrais complet renferme, à la surface 0,102 d'azote et 1,06 de carbone; celle qui a reçu des tourteaux dose 0,123 d'azote et 1,327 de carbone; enfin, la parcelle au fumier, qui fournit toujours la meilleure récolte, contient 0,211 d'azote et 2,486 de carbone organique.

Nous pouvons donc dire maintenant, en toute assurance, que les matières organiques azotées du sol ont pour origine les débris de la végétation antérieure, auxquels il faut quelquefois joindre les résidus laissés par les fumures organiques : c'est là un fait d'une importance capitale au point de vue de la conservation de fertilité des terres arables : toutes les plantes qui laissent d'abondants résidus sous forme de racines, feuilles ou chaume, pourront maintenir ou même accroître la proportion des matières azotées que renferme le sol, c'est le cas des prairies permanentes ou des légumineuses; les cultures, au contraire, qui, comme les racines, sont entièrement enlevées du sol, n'abandonnent aucun résidu, appauvrissent la terre en substances azotées et doivent être, par conséquent, considérées comme épuisantes.

Nous pouvons maintenant nous demander ce que devient cette matière organique qui s'ajoute ainsi chaque année au sol et quelles sont les différentes phases de sa transformation. Dans une terre fertile, perméable, l'air circule librement; il oxyde alors ces matières organiques et tend à les convertir en eau, acide carbonique et acide azotique.

L'acide carbonique se forme en grande quantité dans le sol, comme l'ont établi, d'abord MM. Boussingault et Lewy, et une foule d'autres observations plus récentes; sa proportion augmente avec celle des matières organiques, elle est surtout considérable quand on a fait usage d'engrais de ferme. L'acide carbonique se forme en outre, en plus grande quantité dans la saison chaude et augmente sous l'influence des amendements calcaires.

La première étape de cette oxydation est caractérisée par une perte de carbone, l'azote restant engagé, jusqu'ici, en combinaison organique. Boussingault, puis Weiske et Werner, ont cherché à établir la composition de ces matières organiques; à Rothamsted également, on a effectué sur elles un certain nombre d'analyses; il résulte de tous ces travaux que le rapport de l'azote au carbone est d'environ 1/43 pour les racines et les chaumes de céréales (blé,

avoine, orge); de 1/32 pour les racines des graminées de prairies, enfin de 1/23 dans les résidus de légumineuses. Pour le fumier de ferme, le même rapport varie de 1/15 à 1/23; il a été trouvé, en moyenne, égal à 1/19.

Si on compare ces chiffres à ceux que donne l'analyse de la terre, la perte de carbone par oxydation devient évidente : c'est ainsi, qu'à la surface du sol d'une vieille prairie de Rothamsted, le rapport de l'azote au carbone a été trouvé égal à 1/13; dans une terre arable ordinaire, il était de 1/10; enfin de 1/12 dans un sol cultivé depuis plus de trente ans avec du fumier de ferme seulement.

Nous n'avons pas encore de données bien précises sur la nature chimique de ces substances azotées qu'on appelle l'humus, il semble cependant qu'elles résultent du mélange de plusieurs matières de richesse différente. A $1^{m},25$ de profondeur, le sous-sol de Rothamsted renferme de l'azote et du carbone organiques dans le rapport de 1 à 6; les eaux de drainage, de leur côté, contiennent, d'après les analyses de Frankland, une petite quantité de matières organiques dans lesquelles l'azote est au carbone comme 1 est à 3; il semble donc qu'il peut se produire, dans le sol, des matières solubles d'une richesse exceptionnelle en azote. L'accumulation progressive de ces matières dans le sous-sol, et sans doute aussi leur transformation en nitrates, permet d'expliquer ce fait bien connu que le trèfle et la luzerne ne peuvent revenir sur la même terre qu'après un temps considérable, pendant lequel les céréales ou les racines peuvent être cultivées sans inconvénient.

Il est à remarquer que cet enrichissement des matières organiques en azote, par le fait seul de leur oxydation, s'observe aussi dans les tourbières : l'analyse des tourbes du Nienwalder a donné, entre l'azote et le carbone les rapports : 1/72 pour la surface; 1/30 à une profondeur de sept pieds, et enfin 1/16 pour le produit absolument noir qu'on rencontre à 14 pieds au-dessous de la surface.

Quels sont maintenant les agents de cette oxydation lente? A l'époque où Liebig s'occupait des questions agricoles, on pensait que l'oxydation des terres végétales est un simple phénomène chimique, déterminé par le contact de l'oxygène aérien; la porosité du sol arable favorisait cette action en condensant les gaz, devenus alors plus actifs. Nous savons, aujourd'hui, que ce phénomène exige, pour s'effectuer, autre chose que la seule présence de l'oxy-

gène : presque toujours, il est dû à l'intervention d'organismes vivants, soit végétaux, soit animaux. La terre nous apparaît alors, non plus seulement comme une masse poreuse et inerte d'argile, de sable et d'humus, mais bien comme un milieu rempli d'une infinité d'êtres, possédant chacun des fonctions spéciales, que chaque jour nous apprend à connaître davantage.

Il semble néanmoins que les matières organiques du sol sont susceptibles encore de s'oxyder lentement, même en l'absence d'organismes vivants. MM. Schlœsing et Müntz, puis MM. Dehérain et Maquenne ont vu la terre stérilisée par la chaleur ou une addition de chloroforme dégager de l'acide carbonique en présence de l'oxygène; d'après Schlœsing et Müntz, il se formerait encore, dans ces circonstances, un peu d'ammoniaque, mais plus d'acide nitrique. On sait d'ailleurs que certaines terres humifères, traitées par un alcali fort, absorbent rapidement l'oxygène à la façon du pyrogallol. Nous ne pouvons donc pas dire que l'oxydation de la matière organique du sol est entièrement due à l'action d'organismes inférieurs, mais ce que nous pouvons affirmer, c'est que ces organismes exercent, sur le phénomène qui nous occupe en ce moment, une influence des plus manifestes.

Lorsqu'on retourne une terre de prairie au mois d'avril ou de mai, et qu'on l'examine un peu attentivement, on reste surpris de la quantité d'animaux qui s'y trouvent : ils se nourrissent de matières végétales, fraîches ou déjà décomposées, qu'ils transforment en se les assimilant. Les vers, d'après Darwin, se nourriraient même d'humus. Tous ces animaux sont, évidemment, des appareils de combustion qui brûlent du carbone et rejettent dans leurs excréments des matières azotées plus riches que celles qu'ils ont consommées.

Les champignons agissent d'une façon semblable : ils s'assimilent la matière organique présente, exhalent de l'acide carbonique et, à leur mort, restituent au sol leur propre substance, toujours fort riche en azote. L'influence des champignons est rendue manifeste par les « fairy rings » si communs dans quelques pâturages : toujours un cercle de champignons est suivi par un cercle de végétation luxuriante; les champignons, en effet, se sont développés aux dépens de la matière organique du sol dont les herbes de la prairie n'auraient pas pu se saisir, et l'ont transformée en produits albuminoïdes, aisément nitrifiables, et par conséquent utiles à la végé-

tation herbacée. D'après les recherches effectuées à Rothamsted sur ce sujet, la quantité de carbone détruite ainsi par les champignons est énorme : en moyenne, sur cinq échantillons prélevés en dehors d'un de ces cercles, la terre contenait $3^{gr},30$ de carbone combiné p. 100, tandis que, dans l'intérieur du cercle, et après l'évolution complète de ces végétaux parasites, elle n'en renfermait que 2,78. Cette différence équivaut à près de 9000 kilogrammes de carbone par hectare.

Ni les animaux proprement dits du sol, ni les champignons n'arrivent à transformer la matière azotée en ammoniaque ou en acide nitrique : cette métamorphose est accomplie par les bactéries, l'un des agents d'oxydation les plus énergiques de la terre arable.

Les bactéridiens du sol ont été, jusqu'à présent, assez peu étudiés ; il est probable qu'il en existe normalement un très grand nombre d'espèces différentes. On a signalé les bactéries de la putréfaction, le bactérium termo, le bacille commun des infusions de foin, quelquefois le bacillus anthracis. Müntz a montré que les terres riches en matières organiques contiennent une trace appréciable d'alcool ; il s'y trouve donc aussi un ferment alcoolique. Dehérain et Maquenne ont fait voir récemment que le sol renferme aussi un ferment butyrique ; une solution de sucre subit, en effet, une fermentation butyrique active, quand on l'additionne d'une petite quantité de terre de jardin ; les auteurs pensent que ce ferment est le bacillus amylobacter. Enfin, il faut mentionner les bactéries de la nitrification, auxquelles MM. Schlœsing et Müntz n'ont pas donné de nom particulier.

On admet généralement que les bactéries agissent comme ferments seulement à l'abri de l'air ; en présence de ce gaz, ils fonctionnent comme de simples agents d'oxydation. Quelquefois l'azote de la matière organique attaquée se transforme en ammoniaque, quelquefois il se dégage à l'état gazeux ; enfin, sous l'influence de l'organisme nitrifiant, il se métamorphose entièrement en acide azotique.

Nous ne connaissons pas avec certitude la nature des substances azotées qui peuvent ainsi subir directement la nitrification. Il est certain que les albuminoïdes, les amides (asparagine, urée) et l'ammoniaque peuvent être nitrifiés dans le sol, mais il existe peut-être quelques états intermédiaires entre ces corps et l'acide azotique

et nous ne pouvons dire si l'action du ferment nitrique s'étend à ces formes, ou est, au contraire, exclusivement réservée à l'oxydation de l'ammoniaque. Dans cette dernière hypothèse ce seraient les autres bactéries qui effectueraient la première partie du travail.

L'intensité avec laquelle se développent ces phénomènes d'oxydation varie avec les conditions mêmes dans lesquelles la terre est placée; la présence de l'oxygène en excès est indispensable : un sol poreux s'oxyde donc plus vite qu'un autre plus compact; les travaux agricoles ont pour effet d'activer beaucoup la combustion lente des matières organiques. La présence de l'eau est aussi essentielle : un sol humide s'oxyde mieux qu'un sol sec. Un excès d'humidité retarde cependant cette action en entravant la libre circulation de l'air. La température est, enfin, un facteur important de l'activité vitale, et par conséquent aussi, de l'oxydation naturelle de la terre. La présence d'une base salifiable est indispensable à quelques-unes des transformations que nous venons de signaler, lorsque, par exemple, il doit se produire un acide; c'est le cas de la fermentation nitrique. En général, le carbonate de chaux suffit pour remplir ce rôle; à son défaut, le chaulage y remédie aisément.

Cherchons maintenant, en nous plaçant à un point de vue plus pratique, dans quelle proportion les nitrates peuvent se produire dans un sol cultivé. Dans l'une des séries d'expériences effectuées à Rothamsted, à Agdellfield, se succédaient, en rotation, des turneps, de l'orge et une jachère. Sur l'une des parcelles on donnait aux turneps une fumure abondante; les racines étaient enlevées du sol; la récolte d'orge suivante était ordinairement très bonne. Sur la parcelle au superphosphate seulement, les turneps ne recevaient pas d'engrais azotés : les récoltes étaient nécessairement moins abondantes que dans le cas précédent, et la terre moins riche. On a trouvé $54^{kil},6$ d'azote nitritique dans un hectare de la première parcelle, $40^{kil},6$ seulement dans un hectare de la seconde.

Sur le sol de Hoosfield, qui est resté sans engrais depuis 1851, et que l'on cultive en blé, alternant avec une jachère, on n'a trouvé que $37^{kil},7$ d'azote nitrique par hectare; la proportion de nitrates est donc intimement liée à la fertilité du sol, c'est-à-dire à l'importance des résidus que laissent les récoltes et les fumures azotées. C'est toujours à la surface du sol que les nitrates se rencontrent en plus grande quantité : sur l'une de nos parcelles on a

trouvé 33$^{kil}$,7 d'azote dans la première tranche de neuf pouces d'épaisseur, 17$^{kil}$,1 dans la seconde et 7$^{kil}$,2 seulement dans la troisième.

Ainsi il existe toujours dans le sol une proportion notable de nitrate, d'autant plus forte que la terre est plus riche en matières organiques azotées et conséquemment plus fertile. Ces considérations sont de la plus haute importance au point de vue agricole, car la quantité de nitrates qui existe dans un sol représente à peu près totalement la somme d'azote disponible que les cultures pourront s'assimiler et permet par suite d'évaluer approximativement sa fertilité.

Je n'ai plus maintenant qu'un seul point à examiner : dans un sol chargé de matières organiques et privé du contact de l'air, les nitrates disparaissent rapidement : il y a formation d'ammoniaque et d'azote gazeux. Tout récemment on a montré que cette transformation est encore l'œuvre de bactéries particulières : MM Gayon et Dupetit ont observé ce fait dans l'eau d'égoût ; MM. Dehérain et Maquenne l'ont établi pour la terre elle-même ; ils ont fait voir en outre, qu'il se forme du protoxyde d'azote, en même temps que de l'azote libre. C'est là une perte absolue, irrémédiable, d'azote ; mais il faut bien se rappeler qu'elle ne peut se produire qu'à l'abri de l'oxygène, et que, par conséquent, il sera toujours possible de l'éviter en entraînant, par un draînage, les eaux stagnantes qui seules peuvent empêcher la circulation de l'air assez complètement pour que les bactéries deviennent des ferments.

---

## REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

---

### Physiologie végétale.

*Recherches sur la présence des acides formique et acétique dans les plantes et sur leur rôle physiologique dans l'assimilation*, par M. E. BERGMANN (Extr. *Wollny's Forschungen d. Geb. d. Agriculturphysik*, t. VI, 1883; voy. id. *Bot. Zeit.*, 1882). L'auteur a trouvé de l'acide formique et de l'acide acétique dans les divers organes de 35 plantes de différents groupes les unes fournies, les autres dépourvues de chlorophylle. Il en conclut que ces deux acides sont des produits constants de l'activité du protoplasma végétal. Il est probable que d'autres représentants de la série des acides gras volatils, sinon tous, sont des produits constants du protoplasma végétal. D'après Erlenmeyer l'acide formique serait un produit de formation progressive, tandis que Reinke considère les acides

formique et acétique comme des produits de formation régressive. Ayant remarqué une plus grande proportion d'acides volatils dans les plantes soustraites à la lumière, par conséquent entravées dans les progrès de l'assimilation, M. Bergmann se range à l'opinion de Reinke. Il est sous-entendu que l'acide formique et l'acide acétique ont la même importance dans la transformation des produits, car on a pu déterminer seulement la quantité totale des acides volatils. Pour savoir si les acides volatils sont des produits d'oxydation dans le protoplasma ou s'ils sont des produits d'une dissociation, peut-être des matières albuminoïdes, l'auteur a comparé entre elles des plantes qui avaient séjourné à l'obscurité à des températures différentes. Il résulte de ces expériences que dans les plantes placées à l'obscurité à une température inférieure à la température minimum d'accroissement, et qui par conséquent respirent mais n'assimilent pas la quantité d'acides volatils, n'augmente pas d'une façon sensible, tandis que dans les plantes à l'obscurité, soumises à des températures plus élevées, la quantité d'acides volatils augmente considérablement. Il paraîtrait donc que la formation de ces acides est, dans une certaine mesure, indépendante de la respiration. Nous devons admettre que les acides volatils y compris l'acide formique et l'acide acétique, sont principalement des produits de dissociation des matières constituantes de protoplasma.

*Microorganisme dans le sol* (*Mitth. a. d. kaiserl. Gesundheitsamte*, in Berlin, 1881, et *Wollny Forsch. a.d. Gebiete der Agriculturphysik*, t. VI, 1883), par M. R. Koch. L'auteur conclut d'une série d'expériences qui lui ont donné des résultats assez constants que les couches superficielles du sol sont particulièrement riches en germes de bactéries. Parmi les différentes formes de bactéries, les *bacillus* sont prédominantes. On les trouverait toujours, et en grandes quantités, dans les couches supérieures du sol arable de tous les endroits habités et cultivés. Les échantillons de terre provenant d'endroits imprégnés de matières putrescibles, de purin, par exemple, contiennent plus de *micrococcus* que de *bacillus*, ainsi que des végétations de champignons. Dans les cultures provenant d'échantillons de terre desséchée pendant quelques semaines, on constate la disparition des *micrococcus* et la persistance des *bacillus*. Comme ces bactéries résistent également à une température élevée, il est probable qu'elles devraient se trouver dans la terre à l'état de spores. L'auteur incline à croire que les spores de bactéries ont pris naissance ailleurs que dans la plupart des endroits où on les trouve, probablement sur les déchets et détritus organiques en décomposition dans le fumier, etc., puis ont été disséminées au loin et se sont mélangées à la terre arable. L'auteur a constaté un fait intéressant, mais les analyses sont encore trop peu nombreuses pour permettre une conclusion définitive, c'est que le nombre des microbes décroît rapidement avec la profondeur des couches et qu'à environ 1 mètre de profondeur, le sol ne contient presque plus de bactéries. Les échantillons de terre ont été pris en hiver; il se pourrait qu'en été les conditions fussent changées, ce qui n'est pas probable, car on devrait contrairement à l'observation, trouver en hiver les bactéries dans toutes les couches inférieures à l'état de spores.

(Voir à ce sujet le travail de M. Miquel, *Annuaire de Montsouris*, 1882, dont les résultats concordent sensiblement avec ceux de M. Koch. M. Miquel con-

clut d'après ses premières expériences, que la quantité des microbes contenus dans le sol varie suivant l'époque de l'année, les météores aqueux, l'humidité du sol, etc., et que les espèces diffèrent suivant la profondeur et la nature des couches. (*Trad.*)

*Sur l'accumulation du sucre dans les plantes par suite de basses températures* (Extr. Wollny's Forsch. a. d. Geb. der Agriculturphysik, t. VI, 1883, de Landw. Jahr XII, 1883), par M. Muller-Thurgau. — Nous extrayons de ce travail étendu et important les principales conclusions qui intéressent la physiologie végétale au point de vue de la formation des principes immédiats et de leur migration.

Les expériences ont porté principalement sur la pomme de terre. Le degré de température où la pomme de terre n'accumule plus de sucre diffère selon les échantillons. Vers 10° environ tout le sucre produit a disparu. Il est probablement utilisé par le protoplasma. Le sucre produit par les basses températures est de la dextrose accompagnée de substances qui ne réduisent la liqueur de Fehling qu'après traitement par un acide étendu. C'est probablement du sucre de canne. Les pommes de terre fraîchement extraites du sol ne contiennent pas de sucre réduisant la liqueur de Fehling. Il n'en est pas de même pendant l'hiver et au printemps suivants.

Des phénomènes analogues se produisent dans les organes d'autres plantes. D'après l'auteur, le sucre se montre dans la pomme de terre à la suite de basses températures, parce qu'à ces températures le protoplasma est impuissant à l'utiliser ; le sucre ne s'en produit pas moins à des températures plus élevées, mais alors il ne peut pas être mis en évidence, parce qu'il ne tarde pas à être consommé. Il est même probable que, d'une manière générale, le protoplasma des cellules qui respirent et se développent utilise les matières de réserve non azotées emmagasinées, seulement après qu'elles auront été transformées en sucre interverti.

Des expériences sur du chanvre en germination, sur des feuilles de vigne contenant de l'amidon et sur du chou-rave ont donné les mêmes résultats que la pomme de terre : l'abaissement de la température produisait une accumulation notable de sucre interverti. Il est donc permis de croire que le sucre de canne (ainsi que les matières grasses et l'amidon) doit être transformé en glucose avant de pouvoir être utilisé par le protoplasma.

Quand on élève la température, le sucre disparaît rapidement dans les premiers ours, plus lentement dans la suite. La diminution est relativement la plus lente dans les pommes de terre qui contenaient auparavant la plus grande quantité de sucre. La quantité de sucre de canne diminue également, sous l'influence de températures de plus en plus élevées. Les bourgeons, dans la pomme de terre, paraissent principalement participer à l'utilisation du sucre. Il est probable que, dans les pommes de terre sucrées, soumises à des températures élevées, le sucre émigre vers les bourgeons.

L'intensité de la respiration dépend de la quantité du sucre élaboré. Mais il y a également formation d'amidon et cette formation est dépendante de la température et de la quantité de sucre disponible. Une partie seulement du sucre accumulé dans la pomme de terre sucrée sert à la respiration, une

autre fraction, plus considérable, est utilisée d'une autre façon, d'après l'auteur, précisément à la formation d'amidon. Il trouve, en effet, dans les pommes de terre sucrées soumises pendant quelque temps à des températures de 20° — 30°, une augmentation directe de la proportion d'amidon. L'auteur admet que dans la pomme de terre non sucrée, le protoplasma transforme également une partie du sucre nouvellement formé en amidon, tandis qu'une autre partie sert à réparer les déperditions éprouvées par la respiration.

A l'état de repos (automne et commencement de l'hiver), la pomme de terre ne contient pas de ferment diastatique; et pourtant la formation de sucre a lieu, il est vrai, en quantité plus petite qu'au printemps où le ferment existe. Mais au printemps, la production de sucre devient plus intense : à 0° les pommes de terre deviennent rapidement sucrées et même à 10° et au-dessus les pommes de terre contiennent des quantités sensibles de sucre, ce qui n'a pas lieu dans les pommes de terre dépourvues de ferment à une autre époque de l'année.

Quant aux combinaisons azotées, l'auteur a trouvé que l'azote total ne varie pas d'un échantillon sucré à un échantillon non sucré, mais que les échantillons sucrés sont plus pauvres en combinaisons azotées insolubles et plus riches en matières azotées non albuminoïdes. Ceci sera l'objet de recherches ultérieures.

Des spéculations théoriques et des conclusions d'une portée pratique sont finalement tirées de ces expériences sur la pomme de terre.

*Sur l'asphodèle*, par le Dr Ferrari. — *L'agricoltura italiana*, mars 1883. — L'asphodèle croît spontanément dans l'Europe méridionale et dans l'Afrique septentrionale, elle est commune en Algérie, on a songé plusieurs fois à l'employer comme plante à alcool; il résulte des analyses de M. Ferrari, que c'est seulement dans des conditions exceptionnelles que cette opération a chance de réussir ; en effet, il a trouvé dans 100 grammes de cette plante.

| | |
|---|---|
| Glucose existant naturellement | 2. 88 |
| Glucose formé par l'action de l'acide sulfurique | 6. 52 |
| Glucose total | 9. 40 |

## Chimie appliquée.

M. Rohart signale à l'Académie quelques propriétés nouvelles du sulfate ferrique. Ce réactif, pris à l'état neutre, est capable de se combiner avec un grand nombre de matières organiques azotées et les préserve alors absolument de la putréfaction : des urines, des matières fécales, des viscères et branchies de poisson, un lapin, un chien, ont pu être ainsi conservés et abandonnés à l'air pendant plusieurs mois sans qu'il se produise la moindre altération, sans qu'il se dégage la moindre odeur putride. (*Comptes rendus*, 11 juin.)

*Dosage du sulfure de carbone dans les sulfocarbonates*, par M. Falières. (*Comptes rendus*, 18 juin.) On introduit dans un tube divisé, de 50cc, 10 grammes de sulfocarbonate à essayer et 10cc de benzine rectifiée du commerce; après quelques instants de repos on vérifie exactement sur le tube le volume de la benzine surnageante, puis on plonge dans l'eau fraîche et on ajoute par petites portions 20cc de bisulfite de soude à 35° C., sans agiter : la

liqueur se décolore, laisse déposer du soufre, et le sulfure de carbone devenu libre tombe au fond. Au bout d'une heure, la décomposition est complète; on ajoute alors un peu d'ammoniaque, on agite et on laisse reposer; il suffit de lire le volume du liquide surnageant, et d'en retrancher le volume initial de benzine. Des tables indiquent la richesse correspondante du sulfocarbonate; le densimètre permet de passer du poids au volume, et réciproquement.

D'après MM. GINTL et REINITZER (*Bulletin de la Société chimique*, 20 mai), les feuilles du *fraxinus excelsior* renferment de l'acide malique, de la mannite, de l'inosite, du glucose, une matière gommeuse, une trace de liquide volatil (175°) de formule $C^{10} H^{20} O^{2}$ (notation atomique), un tannin $C^{26} H^{32} O^{14}$ et une matière brune, neutre aux réactifs, soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool, présentant la composition $C^{26} H^{30} O^{15}$.

Le tannin du frêne est amorphe, jaune, d'une saveur amère, soluble dans l'eau et l'alcool; il rougit le tournesol, précipite les sous-sels de plomb, donne avec les sels ferriques une coloration verte qui devient rouge en présence des alcalis. L'anhydride acétique réagit sur lui en donnant un dérivé tétracétylé $C^{26}H^{28}O^{10}(C^{2}H^{3}O^{2})^{4}$. Il en est de même avec l'anhydride benzoïque.

*Dosage de l'œnotannin*, par M. AIMÉ GIRARD. (*Bulletin de la Société chimique*.) On absorbe les matières astingantes de 100cc de vin par 3 à 5 grammes de cordes à violon, prises immédiatement après le blanchiment et non polies. Après 24 heures, le vin est décoloré,on retire les cordes et on les sèche à 100°. Le dosage de l'eau hygrométrique ayant été fait à l'avance sur un lot de cordes semblables, on déduit de l'augmentation de poids la proportion de matières astringentes contenues dans le vin.

M. LAURENT NAUDIN (*Bulletin de la Société chimique*, 20 juin), expose les résultats obtenus par la déflegmation électrolytique des alcools dans l'usine de M. Boulet, à Bapeaumes-lès-Rouen. Les flegmes sont soumis d'abord, pendant 24 heures environ, à l'action hydrogénante d'un couple zinc-cuivre de grandes dimensions : une pile de 150 hectolitres comprend 105 rangs de feuilles de zinc, dont le poids est de 6 200 kilogrammes; la surface réductrice atteint jusqu'à 12 mètres carrés par hectolitre de flegmes à 50°-60° Gay-Lussac : la sulfatisation est produite à la température de 30°-35° avec 360 kilogrammes de sulfate de cuivre pour 150 hectolitres de flegmes; le dépôt de cuivre brun est suffisamment adhérent, la durée de la pile est de 18 mois à deux ans.

L'hydrogénation terminée, les flegmes sont envoyés dans une sorte d'électrolyseur à lames de cuivre qui reçoit le courant d'une machine dynamo-électrique Siemens. Douze électrolyseurs de 125mm de diamètre sur 600 de hauteur, suffisent pour une usine qui traite 300 hectolitres de flegmes par jour.

Cette méthode permet d'obtenir, avec les betteraves, la pomme de terre, le topinambour, des alcools de qualité égale à celle de l'alcool de maïs. En outre, le rendement est supérieur à celui des rectifications ordinaires, dont chacune détermine une perte d'environ 4 p. 100.

L'auteur estime que l'application en grand de ce procédé de désinfection permet de réaliser une économie de 2 fr. 40 sur le prix de revient de l'hectolitre d'alcool.

D'après MM. SCHMIDT et RŒMER (*Bulletin*, 20 juin), la plupart des graisses végétales contiennent une certaine quantité d'acides gras libres qu'on peut recueillir par distillation dans le vide.

*Dosage des acides libres dans les graisses*, par M. STUHMANN (*Bulletin de la Société chimique*). On agite 10 grammes de l'huile à analyser avec $100^{cc}$ d'alcool à 96°, on ajoute ensuite au liquide quelques gouttes d'acide rosolique et on titre avec l'eau de baryte à 7 grammes par litre.

*Dosage de l'azote ammoniacal*, par M. WAREG-MASSALSKI (*Bulletin de la société chimique*, 5 juillet). L'auteur applique la réaction bien connue de l'hypobromite de soude sur les composés ammoniacaux : on mélange la matière pesée avec de l'hypobromite et un peu de glucose, destiné à prévenir l'oxydation de l'ammoniaque et sa transformation en nitrate. On mesure l'azote dégagé. Des expériences comparatives semblent affirmer l'exactitude de cette méthode qui ne nous paraît pas, du reste, ni plus simple, ni plus rapide, que le titrage dans le procédé Boussingault. On sait, d'ailleurs, qu'il existe beaucoup d'autres matières que l'ammoniaque qui dégagent aussi leur azote sous l'influence de l'hypobromite, c'est le cas de la plupart des amides, et on dose l'urée depuis longtemps par une méthode analogue à celle-ci.

*Traitement des mélasses*. — M. GERBER donne quelques détails sur l'extraction du sucre des mélasses à l'aide de la strontiane (*Bulletin*, 5 juillet). La strontiane est dissoute à l'ébullition jusqu'à une richesse de 20 à 25 p. 100 de $SrO8H^2O$; on ajoute alors peu à peu la mélasse, puis encore de la strontiane jusqu'à ce que l'alcalinité du liquide reste vers 12 p. 100 $SrO8H^2O$. Il se précipite du saccharate de strontiane, qu'on recueille sur un filtre et qu'on lave avec de l'eau de strontiane chaude; on refroidit alors la masse, et bientôt elle se décompose en laissant déposer des cristaux d'hydrate de strontiane qui rentrent en circulation. Le liquide est carbonaté, bouilli, puis envoyé aux filtres à noir, concentré et abandonné à la cristallisation. Tous les liquides strontiques sont carbonatés; le précipité est calciné dans des fours à caustification, et transformé ainsi en strontiane qui peut servir indéfiniment.

---

*Le Gérant*, G. MASSON

MOTTEROZ, Adm.-Direct. des Imprimeries réunies, B, Puteaux

# LES PLANTES TEXTILES EXOTIQUES

PAR

M. ALFRED RENOUARD, fils[1].

(Suite.)

## II. FAISCEAUX VASCULAIRES DE PLANTES MONOCOTYLÉDONES.

### Le bananier textile.

Un grand nombre de personnes connaissent le végétal herbacé (*Musa paradisiaca*, L.) qui produit la banane (fam. des Musacées). Le bananier textile (*Musa textilis*, Nees.) en est une variété; il ne fournit pas de fruits comestibles, il n'est cultivé que pour sa fibre. Cette fibre est extraite principalement dans les îles Philippines, particulièrement aux environs de Manille, et elle nous vient en Europe sous le nom d'*Abaca* ou *Chanvre de Manille*. Quelques espèces, exploitées moins régulièrement, telles que les *Musa sapientium* (L.), *M. coccinea* (Andr.), *M. ensete* (Bruc.), etc., servent au même titre dans l'Inde, la Nouvelle-Guinée, les Antilles, Angola, et la Nouvelle-Galles du Sud. Dans les autres contrées, où il croît en grandes quantités et où l'on n'utilise pas les filaments qu'il produit : chez les sauvages de la Nouvelle-Calédonie par exemple, les propriétés fibreuses du bananier textile sont bien connues : les feuilles déchirées en étroites bannières, servent aux femmes à faire des ceintures communes pour le travail et la pêche; entières, elles remplacent nos nappes de table et sont journellement employées pour envelopper le poisson et la viande que l'on fait cuire dans les fours; les gaines fournissent des liens pour fixer les ignames aux rames ou des cordelettes pour les frondes ou les filets de pêche.

Depuis un certain nombre d'années, les importations de cette fibre textile, des îles Philippines en Europe, ont pris une extension relativement considérable. Ces importations ont commencé par l'Angleterre qui l'a employée la première pour les corderies. Aujourd'hui, ces filaments sont d'un très grand usage en France, ils y servent principalement pour la confection des cables de mines et pour les transmissions par cables.

1. Voyez *Ann. agron.*, t. IX, p. 145.

La partie de la plante qui fournit le chanvre de Manille est le tronc, formé des gaines des feuilles solidement enroulées les unes autour des autres. Ces gaines, qui se terminent par le haut en pédoncules, se composent d'une masse parenchymateuse, à cellules extraordinairement grandes, remplies d'air, dont les parois contiennent les cordelettes fibrovasales logées dans la direction de la longueur du tronc. Immédiatement au-dessus, du côté des feuilles, dirigées vers l'extérieur du tronc, sont situées les masses principales des faisceaux vasculaires qui atteignent là leur plus fort et leur plus complet développement; dans les autres parties de la plante, les fibres sont plus rares et toujours moins tenaces.

L'aspect du bananier textile est sensiblement le même que celui du bananier comestible : tige de nuance jaune verdâtre, simple et droite, et à l'extrémité, faisceau de grandes feuilles ovales extrêmement longues partant toutes d'une même base, s'emboîtant les unes dans les autres, traversées dans leur longueur par une grosse côte médiane, rayées de nervures transversales, et, le plus souvent, déchirées par les vents.

Dans sa « Relation de voyage aux îles Philippines » M. de la Gironière nous donne quelques détails sur la culture du bananier textile ou abaca dans ce pays. « L'abaca, dit-il, se cultive exclusivement sur les versants des montagnes. Il pousse vigoureusement dans les terres volcaniques et s'y reproduit indéfiniment. . . . . . . .

« La graine que chaque plante donne abondamment n'est pas employée pour sa reproduction; si l'on s'en servait, il faudrait attendre trop longtemps pour obtenir une première récolte; c'est le pied même d'un vieux plant, préalablement divisé en autant de morceaux que l'on aperçoit d'indices d'où doivent sortir de nouvelles pousses, qui sert à former une nouvelle plantation. . . .

« Pendant la saison des sécheresses, on prépare le terrain, on coupe toutes les broussailles et les jeunes arbres; on conserve seulement les plus élevés pour donner de l'ombre. Pendant les deux premières années, lorsque le sol est bien nettoyé, on trace des lignes transversales à la montagne contre laquelle on veut cultiver l'abaca, en les espaçant de $3^m/12$ les unes des autres. On ouvre, avec une pioche, des trous de $0^m,10$ à $0^m,15$ de profondeur et d'un diamètre à peu près égal. Aux premières pluies, on place un morceau dans chaque trou, et on le recouvre de terre.

« Durant deux années, il faut pratiquer de fréquents sarclages,

détruire les broussailles qui gêneraient les jeunes plantes, et, à plusieurs reprises, pendant la saison des pluies, remuer la terre avec la pioche.

« La seconde année, de longues et larges feuilles, élevées de 4 à 5 mètres du sol, suffisent pour empêcher les herbes et les broussailles de pousser.

« Après trois ans de plantation, chaque plante a produit de douze à quinze jets, dont une partie a donné des fruits, indice qu'ils doivent être coupés.

« Tous les ans, à l'époque des sécheresses, on a une nouvelle récolte, et une plantation faite dans un terrain convenable dure très longtemps ».

Au pays de production, et principalement aux Philippines, l'extraction de ces fibres et leur préparation forment la seule industrie de villages entiers ; elles y sont tellement abondantes que la plupart des vêtements dont se couvrent les habitants qui les travaillent sont faits en chanvre de Manille.

Il semble, d'ailleurs, que l'exploitation du bananier pour ses fibres y soit assez rémunératrice : « D'après les calculs faits, dit M. Tresca, par un propriétaire qui a l'expérience de dix ans de culture sur une surface de 200 hectares, on trouve qu'en exploitant le bananier exclusivement pour sa fibre textile et en négligeant son fruit, on peut obtenir, en deux ans, après trois coupes de huit en huit mois, 11 250 tiges environ par hectare. Chaque tronc pèse de 33 à 34 kilos, et toute sa partie solide consiste en fibres reliées entre elles par du tissu cellulaire. Cette partie solide forme le dixième du poids du tronc ; l'eau y est contenue dans la proportion de 90 p. 100 et l'on retire $1^{kg}$,134 de fibre textile propre mais foncée, et 681 grammes de fibre blanche et décolorée. On récolterait donc, tous les deux ans, par hectare, de 20 à 21 000 kilos de matière textile, dans lesquels les fibres propres figureraient pour 12 à 15 000 kilos et les fibres décolorées pour 7 à 8000 kilos. »

Il y a différentes manière d'extraire les fibres du bananier textile.

Dans les pays où l'exploitation est un peu étendue, comme dans l'Inde et particulièrement aux environs de Madras, on étend sur une planche la partie dont on veut retirer les filaments. On la racle d'abord d'un côté avec un morceau de fer enchassé dans une pièce de bois, puis lorsqu'on a mis à nu les fibres, on retourne le tout et on racle de l'autre côté. On lave ensuite à grande eau ou

bien on fait bouillir dans l'eau de savon. Pour terminer, on étend ensuite les fibres mises à nu en couches des plus minces, en ayant soin de les sauvegarder du soleil qui les brunirait fortement et de la rosée qui les blanchirait et leur ferait perdre de la force.

La méthode employée à la Jamaïque est encore plus simple. Là, on coupe les troncs avant que l'arbre n'ait donné ses fruits, et on les empile sous des monceaux de feuillages pour les laisser fermenter à loisir. La sève s'écoule peu à peu, les filaments prennent une teinte des plus foncées, et on procède alors très facilement à leur extraction.

Dans certains pays, on retire encore l'abaca des troncs de bananiers en écrasant ceux-ci entre des cylindres superposés, puis en faisant bouillir le tout dans une lessive de soude ou de chaux, et en lavant finalement à grande eau les filaments extraits de la masse.

Enfin, aux Philippines, et particulièrement aux environs de Manille où l'extraction est la plus active, on coupe les troncs des bananiers à la fin de la troisième année, sans laisser pousser la fleur qui, paraît-il, amoindrit, par sa venue, la qualité des filaments, et on détache immédiatement les gaines des feuilles. Ces gaines sont divisées en bandes de $0^m,08$ à $0^m,10$ de large, puis elles sont raclées, ou pour mieux dire peignées à la main, à l'aide d'une lame de scie fixée dans un bloc de bois. Les faisceaux bruts sont mis ainsi à découvert, ils sont séchés au soleil, et peuvent, en cet état, être livrés au commerce.

Dans ces dernières années, on a extrait, aux Philippines, d s troncs parvenus à leur développement, seulement 1 livre à 1 livre et demie de fibres par bananier; deux ouvriers, se partageant le travail de l'abattage et du peignage, ont pu produire 28 livres de fibres brutes par jour. L'exploitation d'une plante dure dix à douze ans.

Quelquefois, dans quelques parties du pays, on prend soin de séparer les différentes couches pour en obtenir des filaments de finesses très différentes, on les fait sécher à l'ombre durant un jour, puis on les divise en bandelettes. Celles-ci sont ensuite raclées et dépouillées du parenchyme qui les entoure, au moyen d'un couteau ou d'une lame de bambou. On les secoue ensuite fortement et on trie souvent les plus fins; ceux-ci sont mis à part et battus ensuite avec un maillet de bois. A Manille, la couche extérieure des fibres retirées des feuilles se nomme *bandala*, la couche intermédiaire *tupoz*, la fibre intérieure *lupis*, la qualité supérieure industrielle

*sorsogan* et *bobosan* suivant la variété; la même de couleur bien blanche, *quilot*, et de nuance extra-blanche *lipis*.

Les étoffes qu'on en fabrique sont désignées sous les divers noms de *midrinaguès*, *gunaras* et *saragan*.

Il nous vient annuellement en Europe, presque entièrement des îles Philippines, environ 2 000 000 de kilogrammes de fibres de bananier, d'une valeur variant de 900 à 1050 fr. la tonne.

Depuis quelques années, le directeur du jardin botanique de Saïgon a suscité nombre d'essais d'acclimatation dans notre colonie de Cochinchine : jusqu'ici les résultats obtenus sont satisfaisants.

### L'agave.

Les fibres qui nous arrivent d'Amérique en Europe sous le nom impropre *d'Aloës*, sont produits par l'*Agave americana* (L.) (Amaryllidées). On les appelle encore en France *Pite* ou *Chanvre Pite* et même *fibres d'Agave*, et on les voit, dans leurs différents pays de production, désignées sous les noms de *Carata*, *pita* (Amérique, Espagne), *Cutthaler nar* (Indes), *Contala* (Hindoustan), etc.

Nous avons déjà parlé de l'Agave à propos de notre étude sur « Les plantes textiles de l'Algérie[1] », et après avoir rappelé la description bien connue de la plante, nous avons indiqué comment on en extrayait la fibre dans notre colonie. La méthode que nous avons décrite, importée par les immigrants espagnols, et qui est encore celle que l'on suit dans certaines parties de l'Andalousie et du pays de Valence, n'est pas celle des Antilles, où l'on emploie les fibres en plus forte quantité. Dans ces pays, la récolte se fait en tranchant avec un couteau chaque feuille près du collet. On porte ensuite ces feuilles au lieu où elles doivent être manipulées et on les y laisse reposer vingt-quatre heures. Des femmes les divisent ensuite en bandelettes de trois pouces de large en enlevant grossièrement l'enveloppe qui recouvre les fibres, puis des indigènes étendent celles-ci sur une table unie et les raclent au moyen d'un prisme en bois de $0^m,50$ de long, terminé par deux poignées, qui permet d'en enlever facilement le parenchyme, on fait ensuite sécher le tout au soleil et l'on obtient des filaments d'un beau blanc.

Quelquefois on distingue plusieurs finesses de filaments d'après

1. Voyez *Ann. agron.*, t. VIII, p. 481.

les couches : ceux que l'on extrait des couches externes sont durs, forts, et employés dans le pays pour cordages, les couches intermédiaires donnent une fibre plus fine, mais avec laquelle on fabrique encore de grosses toiles; enfin, les couches intérieures fournissent des filaments très ténus qui ont besoin d'être longtemps battus avec un maillet pour être doux et soyeux, et avec lesquels on fait des tissus légers. Ces tissus sont trempés dans l'eau chaude pendant vingt-quatre heures après tissage, puis dans l'eau froide et l'eau de riz pour être blanchis et assouplis. Ordinairement, les fibres de l'agave du commerce sont brillantes, longues de 1$^m$,50 à 1$^m$,80, d'un blanc ou d'un brun jaunâtre, fines et assez tenaces, leur légèreté est de 15 à 30 p. 100 plus grande que le chanvre européen.

Outre des cordes et des tissus pour vêtements, on en fabrique encore aux Antilles, des sacs, des tapis, des toiles à voile, des étoffes légères pour meubles, en mélange avec le coton. En Europe, on fait rarement des tissus avec l'agave d'importation, mais on le fait souvent entrer dans la corderie et la sparterie de luxe (laisses pour chiens, cordons de sonnettes, cordes à étendre le linge fin, tapis, pantoufles, cabas et sacs pour dames, bourses, porte-cigares, etc.)

— *L'Agave americana* est la plus importante espèce du genre qui fournit des fibres textiles, mais elle est loin d'être la seule.

Au Mexique, l'*Agave cubensis* (Jacq.) nous fournit le produit désigné en France sous le nom de *Crin de Tampico*, ou simplement *Tampico* (du nom du port d'exportation principal), et en Angleterre sous le nom de *Mexican grass*. Il sert à faire du crin végétal. On en obtient en outre, dans son pays de production, un suc qui donne, par la fermentation, une boisson enivrante appelée *maguey*, dont le goût rappelle le poiré.

L'*Agave viridis* (?) produit dans le même pays l'espèce de fibre appelé en Europe *itsle* ou *itzle*. Un document consulaire récent, inséré dans les « Annales du commerce extérieur » de 1881, nous fait connaître que le port de Tampico a expédié à l'étranger, en 1879, une quantité de 645 530 kilogrammes de itsle, ayant une valeur de 254 663 francs; il n'y est pas dit quelle quantité a été envoyée en France.

Il nous vient quelquefois de l'Inde, sous le nom d'*Aloès bâtard* ou *Choucas*, un textile du même genre extrait de l'*Agave vivipara* (L.).

A l'*Agave filifera* (Salm.) appartient encore le produit exploité

dans l'Amérique centrale sous le nom de *Cabulla*, que nous connaissons en France sous le nom de *Chanvre de Sisal* (du nom du port principal d'exportation) et que l'Angleterre appelle *Grass-hemp*.

Au Yucatan, on fait un commerce considérable de la même fibre sous les noms de *sosquil*, *hennequen*, *piassaba*, etc., suivant les diverses qualités. Dans ce pays, on a dû chercher, en raison de l'extension du commerce de la fibre, un système plus expéditif que celui des Antilles, pour l'extraction des filaments des feuilles. On se sert depuis quelques années d'une roue à palettes métalliques, tournant dans une espèce de coursier; les feuilles sont prises entre la roue et son coursier et rapidement dépouillées de leur pulpe. Le travail de la décortication se fait en nettoyant, à deux reprises différentes, chaque extrémité de la feuille. Une roue de ce genre, mue par la vapeur ou des chevaux, et desservie par deux hommes, peut nettoyer, en une journée, de 5000 à 7000 feuilles. 1000 feuilles produisent de 25 à 40 kilos de filasse sèche.

Dans ces dernières années, le commerce des fibres d'agave s'est élevé, au Yucatan, à 5 millions de francs en moyenne, par année. Les roues dont nous parlons ont des inconvénients : elles font beaucoup de déchet, sont très dangereuses à manier et blessent souvent les ouvriers inattentifs qui les desservent. C'est pour remédier à ces désavantages qu'un ingénieur français, M. Berthet, le même auquel on doit une machine à décortiquer la ramie, dont nous avons déjà parlé [1], frappé du grand nombre d'ouvriers estropiés du fait de ces roues qu'il avait rencontrés dans l'un de ses voyages au Yucatan, a inventé une machine à décortiquer les agaves, fondée sur le principe des anciennes roues, mais d'une manœuvre plus facile et destinée à les remplacer. Elle n'exige qu'une alimentation continue des feuilles, préalablement écrasées par deux rouleaux cannelés. A cet effet, les feuilles à décortiquer sont engagées par le pied, entre un cable sans fin et une poulie à gorge qui les amènent entre un tambour armé de couteaux inclinés et une courbe en bois; le tambour, en tournant, enlève sur toute la longueur libre de la feuille, la pulpe, laissant à nu les filaments. Après cette première opération, les feuilles continuent leur marche, se trouvent saisies, à une certaine distance en dessous de la première poulie, par une dernière poulie et un brin de cable. Le pied

1. Voir *Ann. agr.*, t. VIII, notre étude sur la culture et la décortication de la ramie.

de la feuille quitte la première poulie en tombant à cheval sur le cable inférieur; dans cette position, elle est amenée devant un deuxième tambour qui nettoie le pied à son tour; de sorte que, en sortant de là, les filaments sont entièrement débarrassés de leur pulpe et recueillis.

Citons encore, comme fournissant quelquefois des filaments dans leurs pays de production, l'*Agave bulbosa* (Bonpl.), dans l'Inde; et l'*Agave madagascariensis* (Spr.), à Madagascar.

### Le phormium tenax.

Le *phormium tenax* (Forst.) est une liliacée presque exclusivement cultivée dans la Nouvelle-Zélande et les îles voisines de Chatam et de Norfolk. Banks, lors du premier voyage du capitaine Cook, rapporta en Europe les fibres qu'en tiraient les Maoris, indigènes de ces contrées, et on donna à celles-ci, en raison de leur lieu d'origine, le nom de *Lin de la Nouvelle-Zélande*. C'est sous cette dénomination qu'elles sont aujourd'hui connues dans tous les pays civilisés.

Le lin de la Nouvelle-Zélande ne rappelle que de loin le lin d'Europe, c'est une fibre dure et longue de 1 mètre à 1$^{m}$, 70 qui n'a pu guère servir en Europe que pour la corderie ou la sparterie. Dans leur pays de production, les usages en sont plus nombreux : « Ce qu'est le bambou pour les habitants de l'Asie orientale et méridionale, dit M. DE HOCHSTETTER dans la relation de son voyage à la Nouvelle-Zélande, le phormium l'est pour les naturels de ce pays. On l'utilise pour des besoins innombrables. Près de chaque hutte, de chaque village et de chaque route, s'élèvent des buissons sauvages ou cultivés, et propres à tous les usages. La feuille, en forme d'épée, aussi bien que la plante entière, est nommée par les naturels *karakéké*, et la fleur analogue à celle de l'agave, se nomme *korari*. Toutes les parties de la plante, les fleurs, les tiges et les feuilles, fournissent aux indigènes une matière précieuse par son utilité. Les fleurs, d'un brun rouge, contiennent une grande quantité de suc doux comme le miel que les enfants suçent avec avidité et que les naturels recueillent dans des calebasses. Entre les feuilles se trouve une substance gommeuse employée par les Maoris comme cire à cacheter et comme amidon, et les fleurs desséchées, qui s'embrasent comme des allumettes, sont très

utiles aux indigènes, surtout pendant leurs voyages. La feuille, cependant, est la partie de la plante qui rend le plus de services. Cueillie fraîche sur le buisson, elle sert de papier aux modernes lettrés de la Nouvelle-Zélande. Au moyen d'un coquillage, ils y écrivent leurs pensées. Découpée en bandes plus ou moins étroites, selon l'usage que l'on veut en faire, elle remplace, par la force extraordinaire de ses filaments, les liens, cordes, ficelles, cables, etc. Cette plante est indispensable aux indigènes pour la confection de leurs huttes et de leurs canots. Avec les bandes de feuilles vertes, les femmes tressent de jolies corbeilles qui servent de plats et d'assiettes; les hommes en font de la toile, des filets et des voiles. Dans l'état naturel, la feuille sert à tous ces usages, mais les indigènes savent aussi préparer les filaments, et en faire des couvertures, des manteaux et des paillassons. Le vêtement habituel, *weruweru*, est fait avec la feuille à moitié préparée; le vêtement de cérémonie, *kaitaku*, avec des fines bandes entrelacées de diverses couleurs. Pour teindre en noir, ils emploient l'écorce de l'arbre *hinan* (elœocarpus); pour teindre en rouge, celle du *tawaiwai* (phyllocladus). »

Ils en font encore des lignes, des filets pour la pêche et des cordes beaucoup plus fortes que celles du chanvre d'Europe.

Les feuilles du phormium ont ordinairement une longueur de 1 à 2 mètres et une largeur variant entre $0^m,06$ et $0^m,08$. Elles se composent essentiellement de trois formes de tissus différents : épiderme, tissu parenchymateux et tissu vaso-fibreux ou de fibres de feuilles. Ces derniers forment des couches séparées les unes des autres par un parenchyme à grandes cellules et à minces parois. A la partie inférieure de la feuille, partie qui forme le disque, les faisceaux fibro-vaseux sont très complètement développés du côté extérieur et immédiatement au-dessous de l'épiderme, tandis que, à la partie supérieure plate de la feuille, c'est le contraire qui a lieu, et les faisceaux vasculaires les mieux développés sont situés du côté interne. Les faisceaux fibreux renfermés dans les autres parties de la feuille sont plus minces, moins complètement développés, et contiennent encore, à côté des éléments du liber, des vaisseaux en spirales et des cellules de cambium.

Cette irrégularité des faisceaux fibreux a une grande importance au point de vue de l'extraction de la fibre. C'est là la raison pour laquelle, ainsi que nous le verrons tout à l'heure, on n'a jamais pu

procéder à cette extraction d'une façon satisfaisante au moyen de machines, et qu'on a toujours été obligé d'en revenir à l'extraction à la main, plus longue mais plus régulière des Maoris.

Ces indigènes préparent les fibres, en effet, en retirant des feuilles qu'ils choisissent avec soin et qui sont complètement développées, les faisceaux vasculaires situés à l'extérieur, puis en raclant ces derniers avec une écaille de coquillages pour en enlever le tissu parenchymateux et l'épiderme qui y adhèrent. Ils ne retirent, par feuille, que de dix à vingt fibres bien nettes, qu'ils placent au fur et à mesure dans l'eau jusqu'à ce qu'ils en aient retiré une certaine quantité. Ils retirent la masse au bout d'un certain temps, et la lavent avec soin au plus proche cours d'eau, en enlevant avec leur écaille les derniers restes d'impureté. Ils n'obtiennent ainsi que le quart environ des fibres contenues dans les feuilles.

Lorsque les fibres sont destinées à la fabrication d'étoffes pour vêtements, les indigènes les font en outre séjourner dans l'eau tiède pendant quatre jours, puis les battent avec des pierres ou des marteaux, les replongent dans l'eau et continuent ainsi pendant quatre à cinq semaines.

L'exportation des fibres du *phormium tenax*, en Europe, a été insignifiante aussi longtemps que les naturels du pays ont été les seuls à s'occuper de leur extraction. Mais comme la Nouvelle-Zélande produit ce textile abondamment, entre le 34e et le 47e degré de latitude méridionale, quelques Européens pensèrent que, puisque cette plante arrivait assez avant dans le sud pour y être exposée annuellement à de fortes gelées, elle pourrait, sans trop de difficultés, s'acclimater dans les contrées tempérées de l'occident. Quelques essais eurent donc lieu vers 1824; M. SALISBURY (de Brompton), entre autres, en cultiva avec succès, à cette époque, dans le midi de l'Irlande.

En France, on constata que le phormium végétait très bien et mûrissait annuellement ses graines en Provence, qu'il croissait à peu près partout, mais de préference dans les vallées et les lieux un peu humides. Le détail de ces essais fut publié à cette époque, dans un grand nombre de brochures, parmi lesquelles nous signalerons : *Note sur la fructification du phormium tenax ou lin de la Nouvelle-Zélande à Cherbourg et à Toulon, sur la germination particulière de ses graines et leur culture*, par Gillet de Laumont (Cherbourg,

1824, in-8°); *Mémoire sur l'introduction et la floraison à Cherbourg d'une espèce peu connue de lin de la Nouvelle-Zélande*, par A. Le Jolis, *Nouveaux détails sur la possibilité d'acclimater en France le phormium tenax*, etc.

Dans sa *Handbuch der Chemischen Technologie* (t. V, p. 26), Bolley rapporte que des essais de culture furent aussi entrepris en Dalmatie.

Ces essais réussirent tous, mais néanmoins ils ne furent pas continués.

On était certain cependant de la force des fibres du phormium, Labillardière qui avait été auparavant envoyé par le gouvernement français dans la Nouvelle-Zélande pour y étudier les emplois de cette plante et en rapporter des pieds en France, avait fait connaître son importance avec de grands détails dans un mémoire envoyé à l'Institut en l'an II, et qui figure dans les publications de l'Académie. On y voit que la force moyenne des fibres du chanvre étant représentée par 16 1/3, celle des fibres du phormium fut trouvée égale à 25 5/11, celle du lin étant de 11 3/4 et celle de la soie de 34 : le phormium n'était donc surpassé en ténacité que par la soie. On lui avait donné le nom de *phormion*, plus tard *phormium*, du nom d'une herbe que les Grecs récoltaient et dont ils faisaient des tissus pour vêtements, on y ajouta le qualificatif *tenax*.

En 1860, le gouvernement anglais, voyant combien les Espagnols des îles Philippines trouvaient avantage dans l'emploi du chanvre de Manille qu'ils extrayaient du bananier, fit de grands efforts pour susciter une importation suivie de fibres de phormium tenax en Europe. Des machines furent alors inventées en vue de la préparation plus rapide de cette fibre : elles se composaient généralement de cylindres compresseurs qui écrasaient d'abord les feuilles, puis de marteaux animés d'un mouvement de monte et de baisse rapide et agissant sous l'action d'un jet d'eau continu, qui en séparait le tissu spongieux en le déchirant et mettait à nu les fibres. Il suffisait ensuite de laver celles-ci à grande eau, puis de les faire sécher pour les utiliser.

On obtient de cette façon une quantité de fibres beaucoup plus considérable que par le travail à la main (de 10 à 14 p. 100 environ des feuilles fraîches), mais ces fibres n'avaient pas les qualités de celles préparées par les Maoris, pour les raisons que nous avons expliquées plus haut.

En 1869, le gouvernement anglais nomma une commission spéciale pour être éclairé définitivement sur l'utilisation et la qualité des fibres de phormium tenax. Deux ans plus tard, celle-ci consigna ses observations dans un mémoire imprimé à Wellington, intitulé : *Phormium tenax as a Fibrous Plant, with a Selection of the Reports of the Commission appointed by the New Zealand Government.* Nous lisons dans ce document que tous les moyens chiniques employés, tels que le traitement par des lessives alcalines, le rouissage en eau froide, n'ont pu amener aucun résultat, et que seuls les moyens mécaniques ont permis d'extraire la fibre. Ceci tient à ce que la petite quantité de substance intercellulaire qui maintient les cellules du liber est attaquée avec la plus grande facilité et que le tissu cellulaire perd trop rapidement sa cohésion. Il résulte en outre du mémoire de la commission que, si la ténacité des fibres du phormium tenax n'est pas inférieure à celle du chanvre de Manille, tant qu'elles se trouvent à l'état sec, elle est, comme pour le jute, singulièrement amoindrie par l'action menentanée de l'eau et surtout de l'eau de mer; la fibre du phormium est donc inacceptable pour la marine : le graissage lui assure une plus longue durée, mais ne remédie pas au mal.

### L'ananas.

On importe assez couramment des îles Philippines en Espagne des filaments d'une finesse extrême, blancs et brillants, et que l'on retire dans ces contrés, soit des feuilles de *l'Ananassa sativa* (Lind.), broméliacée qui fournit l'ananas comestible, mais surtout du *Bromelia Karatas* (L.) et des *B. pinguin* (L.), *B. sylvestris* (Arral), et *B. sceptrum* (Forst.) en moindre quantité. On sait que le genre *Ananas* diffère du genre *Bromelia* par la présence de glandes nectarifères (squames) à la base des divisions du périgone. L'extraction des fibres est limitée aux pays de production, sur la côte occidentale d'Afrique, à la Jamaïque, à l'île Maurice et au Gabon. L'Espagne désigne ces fibres sous le nom de *pina* ou *pigna*.

On en fabrique aux Philippines des tissus d'une finesse et d'une délicatesse extrêmes, principalement dans les provinces de Camares, Boulacan, Baïangas, île de Luçon, Hoïla et île de Panay. Ces étoffes sont extrêmement chères (10 à 100 fr. la pièce pour mouchoirs ornés) et on ne s'en sert guère qu'en Espagne et à Cuba pour man-

tilles, broderies, mouchoirs et tissus unis. Dans sa « Relation de voyage aux Philippines », M. de la Gironière rapporte que les batistes d'ananas sont d'une régularité et d'une ténuité auxquelles ne peuvent être comparées aucun de nos tissus d'Europe. « Cette fabrication, dit-il, est un travail de patience et qui exige beaucoup de temps; la feuille de l'ananas n'a pas plus de deux pieds de longueur, l'ouvrier en retire les fils, les choisit ensuite un à un de la même grosseur, les colle ensemble bout à bout, puis les place sur un métier situé sous une tente dans une chambre soigneusement fermée, de peur qu'un coup d'air ne vienne rompre ces filaments ténus. »

Mais si l'ananas fournit des filaments fins, ces filaments moins travaillés réunis ensemble ont une force des plus grandes. C'est ce qui explique pourquoi on s'en sert parfois aux Indes pour la corderie.

Il ne nous semble pas nécessaire d'insister sur la description des plantes qui fournissent les fibres dont nous parlons ici. Ce sont de grandes plantes herbacées et vivaces, dont les feuilles épaisses, qui partent de la racine, sont creusées en gouttière et portent sur leurs bords des dents épineuses. Dans certaines espèces, les fleurs sont assez grandes, disposées en épi lâche, et alors les baies deviennent isolées à l'époque de la fructification; dans d'autres, les fleurs sont groupées en un épi serré, les bases soudées les unes aux autres ne présentent qu'un seul fruit semblable à un cône de pin, couronné d'une touffe de feuilles...

Il faut, pour retirer les fibres des feuilles, que celles-ci soient fraîches; une fois sèches, elles n'ont plus de valeur. On enlève alors de ces feuilles étendues sur une planche, au moyen d'un couteau, la pellicule qui en forme la face externe. Les filaments apparaissent alors. On les détache par l'extrémité de la feuille avec le couteau et on les enlève avec la main dans toute la longueur.

### Plantes textiles diverses.

Un certain nombre de plantes textiles d'une exploitation relativement importante méritent encore d'attirer l'attention. Citons par exemple le *Tillandsia usneoides* (L.), végétal singulier de la famille des narcissées, dont le port hétéroclite est à peu près celui des ligaments filamenteux du genre *usnea*, et qui, parasite comme eux,

couvre les arbres maladifs des deux Amériques, depuis le midi du Brésil jusque dans le nord des Florides. C'est lui qui sert à fabriquer ces fibres brunes, d'une grande longueur, ressemblant beaucoup à du crin de cheval qu'elles imitent parfaitement et qui, depuis quelques années, sont notamment exportées de la Nouvelle-Orléans en Europe sous le nom de *caragate*, *barbe espagnole*, *crin d'arbre*, *New-Orléans moss*, etc.

Ce sont les nègres qui récoltent ces fibres dans les bois de la Louisiane, où on les rencontre suspendues en longs écheveaux aux branches des arbres. Une fois arrachées, ils les font sécher pendant un mois sur une aire bien exposée à l'action du soleil et du vent. Au bout de ce temps, le crin se montre complètement nettoyé et dépouillé de son écorce grisâtre ; il perd plus ou moins de son poids suivant la variété et en raison de la quantité de poussière dont il est chargé. En cet état, il est vendu de 12 à 14 cents le kilog., selon qualité et expédié à la Nouvelle-Orléans où il subit les dernières préparations. Dans cette ville, on l'envoie aux ateliers spéciaux. On l'entasse alors par grandes quantités dans d'énormes caisses munies de roues à palettes qui peuvent en contenir jusque 25 tonnes, et remplies d'une eau savonneuse que l'on élève à la température d'ébullition. On finit ainsi par détacher de la fibre les dernières pellicules et poussières qui la recouvrent; finalement, on étend la matière sur des claies pour la faire sécher. De jaune qu'elle était au début, celle-ci devient noirâtre quelque temps après. C'est alors qu'on la trie et que, suivant la longueur, on la classe en ballots de différentes qualités. Seul, le crin le plus fin est exporté en Europe, où il vient faire concurrence au crin de palmier dont nous avons parlé [1]; le plus gros est employé dans le pays.

Le *Pandanus odoratissimus* (L.), de la famille des Pandanées, est encore une plante textile des plus utilisées à l'île Maurice, à la Réunion, aux îles de l'Afrique australe et dans l'Océan indien : ses feuilles, fendues sans traitement préalable, sont utilisées pour la confection des nattes et des sacs-paillassons dans lesquels nous sont expédiés les sucres et cafés des colonies.

Cette plante croît en abondance et sans culture dans tous les terrains. On désigne en Europe les filaments qu'elle fournit sous le nom de *vacquois*, *vacoua*, *baquois* ou *buquoi*.

On utilise encore d'autres variétés de Pandanus : le *P. humilis*

1. Voy. *Annales agronom.*, t. VII, p. 486.

(Rhumph.), usité dans l'Inde pour la fabrication des nattes, sur lesquelles s'harmonisent de brillantes couleurs que les Indiens obtiennent au moyen de plantes colorantes recueillies dans les champs, et les *P. macrocarpus* (Veihl.), *P. mindi* (Vieil.), *P. reticulata* (Vieil.), *P. pediculata* (R. Br.), employés aux mêmes usages par les indigènes de la Nouvelle-Calédonie.

Nous devons aussi mentionner le *Yucca filamentosa* (L.) (Liliacées) que l'on rencontre en grandes quantités dans la partie la plus inculte de la Californie, où il atteint une hauteur de 10 à 15 pieds et une largeur de 8 à 10 pouces. Les fibres qu'il fournit, analogues à celles de l'agave, sont rarement extraites pour le tissage, mais la plante est utilisée dans le pays pour la fabrication du papier. Il s'est établi en effet, en Californie, à Licks-Mills, dans le comté de Santa-Clara, et à Soledad-Mills, dans le comté de Los Angeles, deux papeteries importantes exclusivement alimentées par cette plante. Le désert de Mobare, ayant une étendue d'environ 50 000 lieues anglaises carrés est presque uniquement couvert par cet arbuste.

Nous signalerons encore le *Sanseviera Zeylanica* (Willd.), liliacée qui croît en abondance et à l'état sauvage sur les côtes de Guinée, du Bengale, de Ceylan, de Java et dans la Chine méridionale, sous les fourrés des jungles, et qui renferme dans ses feuilles charnues, longues de plus d'un mètre, des fibres extrêmement fines et d'une solidité remarquable, qu'on appelle dans le sud de l'Inde *moorra* ou *murva*, et en Angleterre *bowstring-hemp*, et qu'on utilise pour la corderie indigène, principalement pour la confection de cordes d'arcs, depuis un temps immémorial. L'étoupe est employée, dans ces pays, pour la fabrication du papier. L'extraction des fibres se pratique de deux façons : soit en laissant pourrir les feuilles dans l'eau, de manière à mettre à nu les fibres avec facilité par un grattage ultérieur; soit en fixant les feuilles fraîches sur une planche par une extrémité, pour les racler ensuite des deux mains avec un couteau de bois. Le premier procédé donne des fibres plus colorées et moins tenaces que le second.

(*A suivre.*)

# COMPOSITION DE LA CHICORÉE TORRÉFIÉE

Par A. PETERMANN,

Directeur de la station agronomique expérimentale de Gembloux.

La culture de la chicorée occupe en Belgique plusieurs milliers d'hectares.

L'importance de la production de la chicorée torréfiée, d'une part, les tentatives fréquentes de falsifier le plus important des succédanés du café, d'autre part, ont été la cause que les chimistes se sont fréquemment occupés de l'analyse de cette substance. Les traités sur les matières alimentaires de l'homme et ceux sur leur analyse chimique et microscopique renferment de nombreuses recherches ayant pour but de fournir des bases d'appréciation de la pureté de ce produit. Mais ces travaux se bornent presque exclusivement au dosage de l'eau, de la cendre, de la partie soluble dans l'eau, ou à l'examen microscopique.

Il nous a donc paru utile de publier les analyses complètes de deux échantillons de chicorée pure, qui ont été exécutées, il y a quelque temps, au laboratoire de la station agricole. Elles peuvent servir de base pour apprécier la valeur nutritive de cet aliment, dont les classes peu aisées surtout font une si grande consommation. Cette valeur, lorsqu'on examine la composition de la partie soluble dans l'eau, est en effet plus grande que l'on est ordinairement tenté de l'admettre. Ces analyses peuvent aussi servir de types de comparaison lors de l'examen de chicorées suspectes.

*Échantillons de chicorée prélevés par un commissaire de police dans une fabrique de chicorée.*

N° I. — EN SEMOULE.

| | | |
|---|---|---|
| | Eau (perte à 100-105° C.) | 16.28 |
| 57.96 p. 100 de matières solubles dans l'eau chaude | Sucre de glucose | 26.12 |
| | Dextrine, gomme, inuline | 9.63 |
| | Matières albuminoïdes | 3.23 |
| | Matières minérales | 2.58 |
| | Matières colorantes et amères | 16.40 |
| 25.76 p. 100 de matières insolubles | Matières albuminoïdes | 3.15 |
| | Matières minérales | 4.58 |
| | Matières grasses | 5.71 |
| | Cellulose | 12.32 |
| | | 100.00 |

N° II. — EN POUDRE.

| | | |
|---|---|---|
| | Eau (perte à 100-105° C.) | 16.96 |
| 56.90 p. 100 de matières solubles dans l'eau chaude | Sucre de glucose | 23.79 |
| | Dextrine, gomme, inuline | 9.31 |
| | Matières albuminoïdes | 3.66 |
| | Matières minérales | 2.55 |
| | Matières colorantes et amères | 17.59 |
| 26.14 p. 100 de matières insolubles | Matières albuminoïdes | 2.98 |
| | Matières minérales | 5.87 |
| | Matières grasses | 3.92 |
| | Cellulose | 13.37 |
| | | 100.00 |

Les deux échantillons de chicorée avaient une odeur aromatique, rappelant le caramel, un goût légèrement sucré et agréablement amer; la réaction d'une décoction était franchement acide; ils étaient exempts de déchets d'amidon ou de farine, de tan et de tourbe, dont la présence fréquente dans la chicorée a été signalée en premier par M. Swartz[1]. Le résidu épuisé, traité au chlorure de calcium et examiné au microscope, montrait nettement les vaisseaux ponctués de la racine de chicorée.

Le titre respectif de 8,42 et de 7,16 p. 100 de cendres[2] (matières minérales solubles dans l'eau + celles insolubles dans l'eau), qui est un peu plus élevé que celui que l'on constate habituellement dans la chicorée pure, pourrait faire penser un instant, soit à une falsification, soit à une préparation défectueuse. Mais la cendre étant presque blanche, l'analyse chimique et l'examen microscopique ayant relevé tous les caractères d'une bonne chicorée, nous devons abandonner toute espèce de doute à cet égard. Dans l'interprétation des chiffres d'une analyse quantitative, il faut, en effet, bien se garder de tirer des conclusions d'un seul chiffre qui s'écarte peut-être un peu du titre constaté habituellement, tandis que tous les autres résultats correspondent à la composition moyenne d'un produit de bonne qualité. Ce point ne doit pas être perdu de vue, surtout lors de l'appréciation de la qualité d'une chicorée, en voulant prendre le dosage de la cendre comme base, l'opinion des auteurs sur le titre admissible en cendres de la chicorée variant

1. *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2e série, t. XXXI, n° 5.

2. Nous avons analysé un autre échantillon de chicorée torréfiée que nous considérons également comme non falsifié, quoique le titre en cendres monte à 8.40 p. 100. Il renfermait 52.84 p. 100 de matières solubles dans l'eau et 5.65 p. 100 de matières azotées. L'analyse qualitative et microscopique n'y a rien dévoilé d'anormal.

considérablement. La limite au-dessus de laquelle la chicorée torréfiée du commerce doit être considérée comme défectueuse est, par exemple, d'après :

| | |
|---|---|
| Swartz | 6.5 p. 100 |
| Klencke | 7.0 — |
| Hager | 6.0 — |
| Chevalier fils | 7 à 8 — (pour les semoules). |
| Chevalier fils | 10 à 12 — (pour la poudre). |

La difficulté réelle de débarrasser complètement, par un lavage industriel, la racine de chicorée de la terre ou du sable qui y adhère, a été la cause que les tribunaux français ont dû passer outre sur les circulaires ministérielles de 1853 et de 1854 qui disent : « Lorsque le café-chicorée est pur et qu'il est convenablement fabriqué, il donne 5 à 6 p. 100 au plus, après incinération, d'une cendre qui est de couleur grisâtre. Si donc, un échantillon essayé donne plus, cette augmentation devra être attribuée à la présence d'une matière étrangère »; ils ont dû accepter le chiffre de 10 à 12 p. 100[1]. Quoique la limite de 12 p. 100, comme le trouve aussi M. Girard, chimiste du Laboratoire hygiénique de Paris, nous paraisse trop élevée, nous sommes d'avis qu'il est impossible de considérer le dosage des cendres, lorsqu'il fournit des chiffres entre 5 et 10 p. 100, comme un critérium pouvant à lui seul permettre d'apprécier la qualité d'une chicorée. C'est, comme nous le disions plus haut, sur l'ensemble des renseignements fournis par l'analyse chimique et microscopique que l'expert doit baser son appréciation.

---

## CONFÉRENCE
## SUR LE DOSAGE DES MATIÈRES ASTRINGENTES
### FAITE
### A L'ASSOCIATION DES ÉLÈVES DE M. FRÉMY

**Par M. FERDINAND JEAN.**

Messieurs,

Je m'étais proposé de vous entretenir du dosage des matières astringentes et du tannage des peaux ; mais j'ai reconnu qu'il serait

1. *Documents sur la falsification des matières alimentaires publiés par la Préfecture de police.* Paris, 1882, p. 372.

difficile de traiter ces deux sujets au cours d'une seule conférence. Aussi, ne voulant pas abuser de votre attention, je me bornerai à vous parler ce soir du dosage des matières astringentes.

Les corps qui ont la propriété de former avec l'albumine et la gélatine des composés imputrescibles et de donner avec les sels de fer des précipités ou des colorations, noir, noir bleu, noir vert, sont extrêmement répandus dans le règne végétal.

On les rencontre localisés, tantôt dans le bois, l'écorce, tantôt dans les feuilles, les fruits, la sève et dans les galles qui se développent par suite de la piqûre de divers insectes.

Ces corps se présentent avec des propriétés et une composition qui diffèrent souvent, selon qu'ils proviennent de telle ou telle famille végétale.

Ils constituent toute une classe d'acides dits astringents, dont l'étude offre encore un vaste champ aux recherches; car beaucoup d'entre eux n'ont été ni isolés, ni étudiés.

Le tannage des peaux qui, jusqu'en ces dernières années, se faisait en France à peu près exclusivement à l'écorce de chêne, consomme maintenant des quantités de plus en plus grandes de matières tannifères exotiques, sur lesquelles les tanneurs ont besoin d'être renseignés, aussi le dosage des matières astringentes a-t-il pris une certaine importance pratique et est-il plus fréquemment demandé aux chimistes.

Les procédés auxquels on peut avoir recours pour doser les acides astringents sont nombreux; je ne vous les décrirai pas, car vous les trouverez dans les traités d'analyse. Mais je crois utile de vous présenter quelques observations sur leur valeur scientifique.

Appliqués au dosage du tannin, ces procédés donnent, pour la plupart, des résultats exacts, mais dès qu'on veut les employer au dosage d'une matière tannifère, ils laissent beaucoup à désirer.

En effet, que l'on ait recours au procédé Lowenthal, procédé basé sur l'oxydation du tannin par le permanganate en présence d'un excès de carmin d'indigo, ou à la précipitation par l'acétate de cuivre ou de zinc, etc.; c'est toujours le tannin de la noix de galle qui sert à fixer le titre de la solution de permanganate ou le poids des tannates métalliques.

Lors donc qu'on emploie ces procédés pour doser une matière tannifère contenant un acide astringent, autre que l'acide gallo-

tannique, on ne peut pas plus en déduire la teneur en principe actif, qu'on ne pourrait titrer une potasse sans tenir compte des équivalents, avec un acide titré par rapport à la soude.

Tout ce que ces procédés peuvent indiquer, c'est que la matière tannifère renferme un acide astringent correspondant à tant pour cent d'acide gallo-tannique et cette donnée n'est pas encore exacte, parce que les matières colorantes et extractives contenues dans la matière tannifère influencent toujours le dosage.

Pour obtenir des résultats ayant une réelle valeur scientifique, il faudrait pouvoir établir le titre de la solution de permanganate ou le poids des précipités métalliques avec l'acide astringent pur, similaire à celui qu'il s'agit de doser dans la matière tannifère, ce qui, dans l'état actuel de la science, n'est pas toujours facile.

Un procédé, qui, *à priori*, paraît devoir échapper à toute critique est celui qui est basé sur l'emploi de la peau épilée, en tenant compte de la densité ou du poids de l'extrait laissé par la décoction astringente, avant et après l'action de la peau. Que l'on emploie, à cet effet, la macération avec la peau en poudre, ou que l'on fasse écouler, sous pression, le liquide astringent au travers d'une peau refendue, comme dans le procédé de M. Muntz, ces procédés comportent des causes d'erreur qu'il est bon de signaler.

On a reconnu, en effet, que la peau épilée et purifiée très soigneusement par des lavages prolongés donne toujours, dès qu'elle est en présence d'une décoction astringente, une certaine quantité de matière animale qui passe à l'état soluble sous l'influence de l'acide faible et des sels contenus dans la décoction, et que, d'autre part, la peau fixe en même temps que le principe astringent, une certaine quantité des matières extractives et colorantes qui l'accompagnent.

Ces inconvénients diminuent donc beaucoup la valeur des procédés de dosage basés sur l'emploi de la peau.

A l'instigation de quelques tanneurs, j'ai été conduit à rechercher un procédé de titrage des acides astringents assez simple pour être mis à la portée des contremaîtres de tannerie.

Ayant reconnu que le tannin en présence du bicarbonate de soude absorbe rapidement la solution d'iode et ce en raison directe de la quantité de tannin mise en expérience, j'ai basé sur cette observation un procédé de titrage des acides astringents que je vous demande, messieurs, la permission de vous exposer.

On dissout 5 grammes d'iode dans de l'iodure de potassium

et l'on étend d'eau distillée de façon à faire un litre de solution.

D'autre part, on pèse $0^{gr},1$ de tannin pur et sec que l'on dissout dans $100^{cc}$ d'eau. On introduit $10^{cc}$ de cette solution dans un verre de Bohême portant un trait de jauge au volume de $50^{cc}$, on additionne de $2^{cc}$ d'une solution saturée de bicarbonate de soude, puis l'on fait tomber goutte à goutte dans le mélange, la solution d'iode qui est contenue dans une burette Gay-Lussac, jusqu'à ce qu'une goutte du mélange, étant portée à la surface d'une feuille de papier à filtrer sur laquelle est étalée par frottement une très légère couche de fécule en poudre, y produise une tache laissant un cercle bleuâtre.

Arrivé à ce moment, on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge ; puis, l'on continue de verser la solution d'iode jusqu'à ce que la coloration bleue se manifestant à nouveau, sur le papier, indique que le titrage est achevé. Du volume de la solution d'iode employé, il faut retrancher le volume de cette solution qu'il serait nécessaire de verser dans $50^{cc}$ d'eau distillée contenant $2^{cc}$ de solution saturée de bicarbonate de soude, avant d'obtenir sur le papier la coloration bleue. Le titre ainsi corrigé correspond à un centigramme de tannin pur.

Une fois le titre de la solution d'iode établi, on procède au titrage d'une matière astringente quelconque de la manière suivante. On en prend un poids tel que l'extrait aqueux, que l'on formera en épuisant par l'eau la matière astringente, contienne environ un décigramme d'acides astringents pour $100^{cc}$. On mesure $10^{cc}$ de cet extrait et, après les avoir additionnés de $2^{cc}$ de solution saturée de bicarbonate, on y verse goutte à goutte la solution d'iode, en suivant la marche qui a été indiquée pour la fixation du titre de la solution d'iode, jusqu'à ce qu'on obtienne la zone bleue sur le papier féculé. Après avoir corrigé le volume de la solution d'iode employée pour le titrage, l'on a tous les éléments nécessaires pour calculer la teneur de la matière tannifère en *acides astringents solubles dans l'eau.* Par une seconde opération, il faut déterminer la quantité d'acide astringent analogue à l'acide gallique, qui ne se combine pas avec la peau, de façon à pouvoir obtenir la teneur en tannin fixable sur la peau.

La détermination de l'acide astringent non fixable par la peau s'effectue de la manière suivante. Dans 30 à $35^{cc}$ de l'extrait aqueux primitif, on introduit de petits fragments de peau épilée, purifiée et séchée, et environ un gramme de la même peau réduite en

poudre ; on mélange le tout et on laisse en contact pendant douze heures ; ce laps de temps écoulé, on passe le mélange à travers un linge, et on filtre. Sur $10^{cc}$ de la solution ainsi épuisée par la peau, on opère, avec la solution d'iode, le titrage de l'*acide astringent non fixable par la peau*. En retranchant le second titre du premier titre correspendant aux acides astringents totaux, on obtient le volume de solution d'iode absorbée par le tannin ou l'*acide astringent fixable par la peau*.

Dans toutes les matières que j'ai examinées, j'ai trouvé, en quantité plus ou moins forte, un principe astringent analogue à l'acide gallique, non fixable par la peau, qui se colore par le perchlorure de fer en vert émeraude, en gris ou en bleu ; en violet par le sulfate de fer, et qui n'est précipitable ni par le bichromate de potasse ni par la gélatine. Dans un certain nombre d'échantillons j'ai rencontré du tannin insoluble dans l'eau, même en présence de l'acide tartrique.

Comme on pourrait supposer que quelques matières extractives, comme les matières amylacées par exemple, peuvent agir dans une certaine mesure sur la solution d'iode, et que je ne suis pas en mesure de répondre à cette objection pàr des faits se rapportant à tous les cas, je considère la détermination de l'*acide astringent fixable par la peau* comme offrant toujours un plus grand degré d'exactitude scientifique que celle de l'*acide non fixable*.

Le titrage des matières astringentes au moyen de la solution d'iode donne des résultats exacts, si l'on a soin de préparer les prises d'essai, de façon qu'on ait en solution environ 1 décigramme p. 100 d'acide astringent et d'opérer dans les mêmes conditions que celles qui ont été réunies pour la détermination du titre de la solution d'iode. Le titre de la solution d'iode doit toujours être maintenu tel que un peu moins de $10^{cc}$ correspondent à 0,01 de tannin. Il faut verser la liqueur titrée goutte à goutte, en remuant constamment le mélange et avoir le soin de neutraliser l'extrait avant d'y ajouter les $2^{cc}$ de sel de bicarbonate. Bien que la combinaison de l'iode avec le tannin soit, dans la grande majorité des cas, colorée en jaune vineux plus ou moins intense, il est toujours très facile de reconnaître la zone bleue qui se produit sur le papier enduit de fécule lorsque le titrage est terminé. Le papier qui convient le mieux pour l'essai est le papier à filtration rapide de Brewer ; il est épais, très poreux et absorbe rapidement la goutte de

liquide que l'on dépose à sa surface. Le titrage est achevé lorsque, après avoir promené quatre à cinq fois la baguette de verre dans le mélange, la goutte portée sur le papier y laisse une zone bleue, même lorsque cette coloration disparaît peu de temps après.

Pour préparer l'extrait dans lequel il s'agit de titrer les acides astringents, on réduit la matière en poudre fine et l'on en prend un poids tel que environ $0^{gr},1$ d'acide astringent y soit contenu. Pour les écorces de chêne j'opère sur un gramme et seulement sur 7 à 8 décigrammes pour les bois de quebracho.

L'extraction se fait dans un petit ballon à fond plat ; on arrose la matière avec environ $10^{cc}$ d'eau distillée, on maintient à une température de 60 à 70° pendant un quart d'heure, puis l'on décante le liquide dans un ballon jaugé à $100^{cc}$. On ajoute alors une nouvelle quantité d'eau sur la matière, et on chauffe à une température voisine de l'ébullition pendant un quart d'heure. On décante à nouveau. La majeure partie du tannin est enlevée par ces deux premiers traitements et l'épuisement peut être achevé à l'ébullition, en reprenant chaque fois par une petite quantité d'eau. L'épuisement doit durer environ une heure. On complète alors avec de l'eau distillée le volume de $100^{cc}$ et c'est sur $10^{cc}$ de cet extrait que l'on opère le titrage.

La peau nécessaire pour enlever l'acide astringent analogue à l'acide tannique, et permettre le titrage de l'acide non fixable par la peau, est obtenue en étalant sur une planche, à l'aide de clous, des morceaux de peau de veau épilés et soigneusement lavés à l'eau acidulée et à l'eau distillée. On laisse la peau sécher à l'air libre, puis on la réduit en poudre à l'aide d'une forte rape. Quelques heures avant d'en faire usage, on la fait macérer dans l'eau distillée et on l'exprime dans un linge avant de la mettre dans l'extrait astringent.

On peut remplacer la peau en poudre par des lanières minces, connues sous le nom de vermicelles, provenant des couperies de poil de lapin.

La solution d'iode permet non seulement de titrer toutes les matières astringentes en prenant comme type et point de comparaison le tannin pur, mais encore, ce qui est très important au point de vue du tannage, on peut déterminer la quantité d'acide astringent qui est susceptible de se combiner avec la peau pour la transformer en cuir.

Pour appliquer ce procédé à des recherches scientifiques, il suffirait de titrer la solution d'iode avec l'acide astringent pur, identique à celui qui est contenu dans la matière tannifère à analyser.

A l'aide de la solution d'iode, j'ai titré un grand nombre de matières astringentes, principalement celles qui ont figuré, avec des titres parfois inexacts, à notre dernière exposition universelle.

La richesse des écorces de chêne varie avec la provenance et l'âge des arbres : les écorces du Cher renferment 9-10 p. 100 d'acide astringent fixable par la peau ; celles du Berry 7-8 ; d'Autriche-Hongrie 6-7 ; des Pays-Bas et de la Bohême 10-11.

Les branchages des taillis de chêne de deux à quatre ans contenant 15 p. 100 d'humidité ne contiennent que 2,62 p. 100 de tannin.

Les écorces de chêne d'Afrique sont plus riches, mais elles renferment souvent jusqu'à 5 p. 100 d'acide gallique sur 15 à 16 p. 100 d'acides astringents.

Le bois de châtaignier dont la tannerie et la teinturerie font usage, renferment de 9 à 12 p. 100 de tannin fixable par la peau. Quelques écorces ont un titre aussi élevé, mais dans certaines variétés le bois est beaucoup plus riche que l'écorce.

La quantité d'acide gallique est de 1-2 p. 100 environ.

Dans les sumacs, le titre en tannin fixable varie de 16 à 21 p. 100 et et la proportion d'acide gallique varie entre 4-5 p. 100. Dans un sumac brun de Virginie, la quantité d'acide gallique s'est élevée à 50 p. 100 des acides astringents totaux.

Le bois de quebracho renferme de 16 à 17 p. 100 de tannin ; il est depuis quelques années, employé dans beaucoup de tanneries mélangé avec l'écorce de chêne ; on fait avec ce bois des extraits très riches. Dans celui de M. Dubosc, du Havre, j'ai trouvé 67 p. 100 d'acides astringents. La résine naturelle du quebracho renferme 43 p. 100 de tannin.

Ce sont surtout les Anglais et les Américains qui emploient l'hemloch sous forme d'extrait. L'écorce renferme 8 à 9 p. 100 de tannin et 1-5,2 d'acide gallique. Les extraits sont peu employés en France parce qu'ils donnent aux cuirs une teinte rougeâtre qui déprécie la marchandise.

L'épicéa n'a pas cet inconvénient : les écorces que j'ai titrées renfermaient 4,6 à 4,8 de tannin et 1,6 d'acide gallique.

Cette écorce donne un extrait aqueux très peu coloré, rendu

laiteux par une matière amylacée qu'il faut séparer en épuisant l'écorce par l'alcool, si l'on veut titrer l'acide gallique; mais l'emploi de l'alcool est inutile si l'on ne veut titrer que le tannin, la peau en poudre suffit en effet dans ce cas.

Le procédé du titrage par la solution d'iode m'a permis d'étudier une question assez controversée qui touche à la physiologie végétale et intéresse les tanneurs : celle de la valeur des écorces détachées en hiver par la vapeur, comparée à celle des écorces séparées sur sève au printemps.

Ayant eu à ma disposition un chêne portant plusieurs jets de même taille, j'ai fait écorcer deux jets au printemps et deux jets en hiver.

*Dans l'écorce d'hiver j'ai trouvé :*

| | | |
|---|---|---|
| Eau | 10.25 | |
| Acide tannique | 8.575 | 10.00 p. 100 d'acides astringents. |
| Acide gallique | 1.542 | |

Ce qui correspond p. 100 d'écorce séchée à 110° et 9,55 p. 100 de tannin et à 1,59 p. 100 d'acide gallique ou à 11,14 p. 100 d'acides astringents.

*Dans l'écorce faite au printemps :*

| | | |
|---|---|---|
| Eau | 14.90 | |
| Acide tannique | 8.64 | 10.30 p. 100 d'acides astringents. |
| Acide gallique | 1.51 | |

soit p. 100 d'écorce séchée à 110° : 10.11 p. 100 de tannin et 1.89 p. 100 d'acide gallique.

J'ai donc trouvé dans les écorces faites au printemps 0gr,555 p. 100 de tannin de plus que dans les écorces d'hiver. Comme d'autre part j'avais trouvé de 6,5 à 7 p. 100 de tannin dans des écorces provenant de chênes âgés de quatorze à quinze ans, je me crois autorisé à admettre que l'écorce s'enrichit chaque année de 0gr,5 p. 100 de tannin.

Si d'une sève à l'autre, l'écorce gagne 0,5 de tannin, on devrait trouver dans les écorces des chênes séculaires des quantités énormes de matières astringentes; cependant il n'en est pas ainsi, et l'on sait parfaitement que les vieilles écorces sont pauvres en tannin (pour ma part, je n'ai trouvé dans un chêne deux fois centenaire que 4,07 p. 100 d'acides astringents). Que devient donc le tannin élaboré chaque année par la sève? On peut admettre que pendant l'hiver une petite quantité de tannin est décomposée,

transformée en acide gallique, puis en produits extractifs bruns, mais que environ 1/2 p. 100 de tannin échappe à cette décomposition et s'accumule tous les ans dans l'écorce jusqu'à ce qu'elle ait acquis sa richesse maxima, soit 11 à 12 p. 100 de tannin.

Lorsque l'écorce est arrivée à ce point, le végétal élimine, décompose, par l'intermédiaire des matières extractives brunes avides d'oxygène, qui se sont accumulées dans l'écorce, le tannin apporté par la sève, et cette action, devenant de plus en plus active au fur et à mesure que l'écorce s'enrichit en principes extractifs, finit par s'étendre au tannin précédemment formé et fait perdre ainsi à l'écorce une partie de ses acides astringents.

Dans l'essai des matières astringentes et des extraits destinés à la tannerie, le chimiste ne doit jamais négliger d'effectuer la séparation et le dosage de l'acide analogue au tannin qui est susceptible d'être fixé par la peau.

En se bornant à titrer en bloc les acides astringents fixables ou non par la peau, il expose le tanneur à de graves mécomptes, puisque certaines matières, le cachou, par exemple, sur 48,49 d'acides astringents renferme de 14 à 16 p. 100 d'un acide analogue à l'acide gallique, c'est-à-dire non fixable par la peau. Nous avons vu, d'autre part que la quantité d'acide gallique varie beaucoup dans les sumacs.

En résumé, les écorces qui me paraissent mériter l'attention des tanneurs et des fabricants d'extraits sont principalement les écorces provenant des acacias pienanta, cyanophylla, leiphylla et mollissima, que notre colonie algérienne serait à même de fournir en abondance. Les gousses de gonakié, de neb-neb, des acacias originaires du Sénégal, pourraient, en raison de leur richesse en principes tannifères, être importées avantageusement en France. Parmi les bois astringents, nous citerons le curupay dont la teneur en tannin et de 19 p. 100. L'épicéa, le châtaignier, quoique moins riches en principes tannifères, méritent cependant une mention spéciale. Ce sont des bois indigènes qu'on aurait intérêt à propager en France; parce que, ne colorant pas les peaux, ayant une teneur en tannin se rapprochant des écorces de chêne, les tanneurs seront disposés à les employer de préférence aux matières exotiques qui modifient plus ou moins la teinte des cuirs et nécessitent quelques changements dans le mode de tannage actuellement suivi en France.

La solution d'iode convient parfaitement pour doser l'œnotannin

et l'acide œnogallique dans les vins. Pour effectuer ces dosages, on évapore au bain de sable 100 ou 50$^{cc}$ du vin à analyser de façon à réduire le volume à quelques centimètres cubes. On mélange alors l'extrait avec de la silice précipitée et sèche, et l'on dessèche le tout à l'étuve vers 60 à 70°. La masse est ensuite pulvérisée, introduite dans une petite allonge et épuisée avec de l'éther, additionné d'une petite quantité d'éther chlorhydrique. Les solutions éthérées sont évaporées au bain-marie, et le résidu de l'évaporation est dissous dans 100$^{cc}$ d'eau distillée. Sur 10$^{cc}$ de la solution aqueuse on titre, avec la solution d'iode, le tannin et l'acide œnogallique, d'après la méthode que j'ai indiquée pour le titrage des matières astringentes, en ayant soin de neutraliser la solution avant l'addition du bicarbonate de soude.

On agite ensuite le reste de la solution aqueuse avec de la peau en poudre pour fixer l'œnotannin; on laisse en contact quelques heures, on passe au travers d'une toile et sur 10$^{cc}$ du liquide filtré, on détermine avec la solution d'iode, l'*acide œnogallique* passé en solution. Retranchant ce second titre, qui correspond à l'acide œnogallique, du premier correspondant à l'œnotannin et à l'acide œnogallique, on aura, par différence, le volume de solution d'iode afférent au tannin contenu dans le vin.

Le titre de la solution d'iode ayant été établi par rapport à un poids connu de tannin pur, et l'acide gallique agissant sur la solution d'iode dans la même mesure que le tannin, il est facile de calculer la teneur du vin en tannin et en acide œnogallique.

La crise que subit depuis quelques années la tannerie française, a conduit les tanneurs à employer des matières tannifères à meilleur marché que l'écorce de chêne.

Les bois de châtaignier, de quebracho et les extraits préparés avec l'épicéa, l'hemloch, etc., commencent à être employés concurremment avec l'écorce de chêne. L'introduction de ces nouvelles matières astringentes a déjà fait baisser le prix des écorces.

Malheureusement, ces matières donnent aux cuirs des colorations qui s'éloignent de la couleur des cuirs préparés à l'écorce de chêne couleur qui, jusqu'à présent, a été considérée par les acheteurs comme une preuve de la bonne qualité du cuir.

En Amérique, où les 8/10 des peaux sont tannées à l'hemloch, on parvient à donner aux cuirs une coloration analogue à celle des cuirs français et allemands, tannés au chêne, en traitant les cuirs sortant

de fosse, par un bain de sumac chaud. L'augmentation de poids qu'acquièrent les cuirs ainsi traités, compense paraît-il, la dépense occasionnée par le bain de sumac.

Les tanneurs anglais emploient avec l'écorce de chêne les matières tannifères les plus diverses, le gambier, les valonnées, le dividivi, etc., et ils blanchissent les cuirs trop colorés en les traitant par l'acétate de plomb et l'acide sulfurique ou par des bains acides qui nuisent certainement à la qualité du cuir.

Les cuirs tannés à l'écorce de chêne étant plus estimés que les cuirs tannés avec d'autres matières astringentes, on s'explique que les tanneurs cherchent à donner à leurs cuirs l'apparence du cuir préparé à l'écorce de chêne.

Je suis persuadé que les colorations anormales produites par les écorces d'Afrique, l'hemloch, le quebracho, le châtaignier, etc., pourraient être évitées si l'on opérait le gonflement des peaux à l'aide de jus faits avec l'écorce de chêne seule. Une fois la peau mise en couleur la teinte normale ne serait plus susceptible d'être modifiée par l'emploi des diverses matières tannifères qui peuvent être utilisées pour achever le tannage et donner un plus fort rendement aux cuirs.

En Angleterre et aux États-Unis, le tannage se fait en six ou huit mois, à l'aide de diverses matières astringentes, tandis qu'en France, le tannage dure de dix-huit mois à deux ans pour les cuirs forts.

Les tanneurs américains importent leurs cuirs en France et ils viennent jusque sur nos marchés acheter des peaux, alors qu'il y a quelques années, nos tanneurs tiraient la matière première d'Amérique et y exportaient leurs cuirs.

C'est donc un débouché qui se ferme à l'industrie française et il est grand temps que la tannerie sorte de la routine, pour entrer dans la voie scientifique, si elle veut lutter contre la concurrence étrangère; car l'art du tanneur est essentiellement une industrie chimique et peut attendre de grands progrès de l'étude et de l'application des lois de la chimie.

Des procédés permettant de doser facilement les matières tannifères, les extraits, de spécifier les acides pouvant se combiner à la peau et de suivre le tannage dans ses différentes phases, contribueront certainement au progrès de l'art du tanneur; c'est pourquoi, Messieurs, j'ai cru pouvoir appeler votre attention sur ce sujet.

**TENEUR EN ACIDES ASTRINGENTS DE DIVERSES MATIÈRES TANNIFÈRES, LE TANNIN A L'ÉTHER ÉTANT PRIS COMME TYPE, PAR M. FERDINAND JEAN.**

| NOMS. | PROVENANCE. | ACIDES ASTRINGENTS SOLUBLES | | ASTRINGENCE |
|---|---|---|---|---|
| | | fixables par la peau. | non fixables par la peau. | TOTALE. |
| Écorce acacia dealbata...... | Réunion............. | 11 31 | 1.60 | 12.91 |
| — mangifera indica..... | Antilles. Ile de France. | 4.45 | 2.77 | 7.22 |
| — bruguiera gymorbiza. | Nouvelle-Calédonie... | 4.47 | 1.05 | 5.52 |
| — — | Ile de la Réunion..... | 7.65 | 2.10 | 9.75 |
| — aleurites triloba...... | Ceylan. Iles du Pacifique............. | 0.91 | 0.60 | 1 51 |
| — terminalia catappa... Vulgo: bananier, bois à canot. | Indes............... | 9.41 | 2.01 | 11.42<br>13 p. 100 |
| — solanea dentala...... | Guadeloupe.......... | 5.60 | 1.12 | 6.72 |
| — weinmannia macrostachia............ — tau rouge............ | Nouvelle-Calédonie.... | 12.96 | 2.04 | 15 |
| — terminalia benjoin.... | — .... | 12.55 | 2.20 | 14.75 |
| — rhizophora mangle... | — .... | 11.24 | 5.16 | 16.40 |
| Cæsalpinia coriaria (gousses). Vulgo: redoul............... | Sénégal............ | 3.83 | 1.97 | 5.80 |
| — kahaya caïlcedra..... | — ............. | 5.66 | 1.90 | 7.56 |
| Acacia adansoni............. Gousos de Gonakié.......... | — ............. | 24.04 | 8.76 | 32.80 |
| Acacia nilotica.............. Gousses de Bablah........... | — ............. | 25.08 | 8.38 | 33.46 |
| Acacia nilotica (gousses).... Vulgo : neb-neb............ | — ............. | 27.0 | 7.2 | 35.1 |
| Swartzia tomentosa......... Vulgo: bois de fer.......... | Indo française........ | 12.26 | 1.89 | 14 15 |
| — cœsalpinia sappan.... — brésillet............ | — ........ | 9.47 | 3.50 | 11.97 |
| — casuarina equisetifolia. | — ........ | 11.27 | 1.64 | 12.91 |
| — cachou jaune......... | Indo................ | 34.12 | 14.28 | 48.40 |
| — cachou brun......... | — ................ | 33.60 | 15.90 | 49.50 |
| — malpighia punicifolia... Vulgo : nance.............. | Vénézuela . ......... | 7.06 | 0 89 | 7.95 |
| — brocinium speciosa[1].. — gateado............. | — ........... | 5.63 | 1.49 | 7.12 |
| Cruenta réal............... | — ........... | 1.334 | 0.448 | — |
| Curtidor (wenimannia glabra). | | 2.296 | 0.448 | — |
| Siliques de divididives (diaragua)............. | Caracas. Antilles...... | 30.30 | 9.70 | 40 |
| — divídives............ | | 25.38 | 3.80 | 29.18 |
| Écorce de Mocascolo........ | Nicaragua............ | 1.008 | 0.672 | 1.68 |
| — de Manglo.......... | Mexique............. | 13.56 | 1.56 | 15.12 |
| Bois d'Aspidosperma quebracho | République Argentine. | 16.0 — 17 — 16.5 — 17.5 | en moyenne 0.6 | |
| Résine naturelle de quebracho. | | — | — | 41.5 |
| Bois acacia Curupi.......... Vulgo : curupa-curupay...... | Buenos-Ayres........ | — | — | 10.02 |

1. Cette écorce qui figurait à l'Exposition de 1878 était annoncée comme renfermant 30 p. 100 de tannin.

| NOMS. | PROVENANCES. | ACIDES ASTRINGENTS SOLUBLES. fixables par la peau. | ACIDES ASTRINGENTS SOLUBLES. non fixables par la peau. | ASTRINGENCE TOTALE. |
|---|---|---|---|---|
| Écorce d'Hemloch spruce.... | Amérique du Nord.... | 8.00 | 1.90 à 2.1 | 10.5 à 10.21 |
| Epicéa.................... | Hongrie............ | 4.80 | 1.60 | 6.40 |
| Rhus coriaria. *Vulgo* sumac. | Amérique du Nord.... | 21.22 | 5.38 | 34.60 |
| Sumac 1re qualité........... | — — .... | 21.90 | 5.70 | 27.60 |
| Sumac 2e qualité........... | — — .... | 16.65 | 4.05 | 20.70 |
| Sumac brun................ | Virginie............ | 11.95 | 10.20 | 22.15 |
| Sumac tézéran.............. | Algérie............. | 2.64 | 0.06 | 3.30 |
| Poudre de lentisque ....... Pistacia lenticus............ | — ............ | 9 | | |
| Ecorce acacia cyanophylla.... | — ............ | 15.23 | 2.46 | 17.69 |
| — — mollissima ..... | — ............ | 18 | 2.75 | 20.75 |
| — — pienanta....... | — ............ | 20.90 | 2.64 | 23.54 |
| — — leiphylla....... | — ............ | 20.4 | 4 | 24.4 |
| — quercus ilex ou yeuse. | — ............ | 7.21 | 4.15 | 11.36 |
| — chêne zéen.......... | — ............ | 11.85 | 2.10 | 13.95 |
| Racine chêne kermès (garouille, qualité courante).. | — ............ | 10.83 | 5.60 | 16.43 |
| Écorce quercus coccifera..... | — ............ | 11.24 | 4.30 | 15.54 |
| — quercus suber....... *Vulgo* : chêne liège,......... | — ............ | 8.29 | 2.76 | 11.05 |
| Galles du chêne zéen........ | — ............ | 14.2 | 5.8 | 20.00 |
| Grosses galles d'Algérie..... | — ............ | 12.1 | 2.4 | 14.5 |
| Galles de Sagouhat.......... | — ............ | 20 | 7.14 | 27.14 |
| Extraits préparés avec le chêne d'Afrique, nº 1............ | — ............ | 25.21 | 5.80 | 19.41 |
| Nº 2...................... | — ............ | 21 | 8.00 | 29 |
| Castanea vesca.............. *Vulgo* châtaignier........... | — ............ | | | |
| Ecorce brune............... | Rhône........... .... | 11.92 | 0.98 | 12 |
| Bois même échantillon....... | — ............ | 10.98 | 1.21 | 12.19 |
| Bois de châtaignier écorcé.... | — ............ | 9.04 | 1.20 | 10.24 |
| Bois non écorcé............ | — ............ | 9 | 1.60 | 10.60 |
| Ecorce grisâtre............. | — ............ | 6.1 | 1 2 | 7.30 |
| — — ............ | — ............ | 6.0 | 1.3 | 7.30 |
| Bois de châtaignier[1]......... | — ............ | 10.94 | 1.70 | 9.18 |
| Extraits de châtaignier, nº 1, 3°,6 B.................. | — ............ | 3.088 | — | — |
| Extraits de châtaignier, nº 2 à 15°, Baumé............. | — ............ | 13.530 | — | — |
| Extraits de châtaignier, nº 3, à 20° B[2]................ | — ............ | 16.89 | 3.10 | 19.79 |
| Extrait de châtaignier sec... | | | | 49 |
| Ecorces de chêne du Cher..... | — ............ | 9.10 — 9.64 — 9.70 — 10.5 | — | — |
| — — du Berry..... | — ............ | 7.65 — 7.81 | — | — |
| — — d'Autriche... | — ............ | 6.55 | — | — |
| — — Hongrie...... | — ............ | 6.63 — 6.64 | — | — |
| — — Pays-Bas.... | — ............ | 10.60 — 9.32 | — | — |
| — — Bohême..... | — ............ | 11.19 — 10.8 — 8.18 | — | — |

1. Dans d'autres échantillons de bois de châtaignier j'ai trouvé de 9 à 10 p. 100 de tannin fixables par la peau.

2. Dans un extrait de pureté douteuse, laissant 32 p. 100 d'extrait sec, j'ai trouvé : acide fixable par la peau 13.6 et acide non fixable 3 p. 100; cet extrait laissait 3.75 p. 100 de cendres. L'extrait sec de châtaignier préparé à l'eau distillée ne donne que 1 à 1 ½ p. 100 de cendres. Un échantillon d'extrait à 25 p. 100 de matière sèche contenait 15.54 p. 100 de tannin, et un autre à 33,9 p. 100 de matière sèche titrait 18 p. 100 de tannin.

## SUR LE DOSAGE

# DES PHOSPHATES RÉTROGRADÉS DANS LES SUPERSPHOPHATES

PAR

A. MILLOT

Ingénieur, professeur à l'École de Grignon.

Une nouvelle méthode de dosage des superphosphates dû à M. S. Gladding a été publié dans le numéro d'octobre 1882 du *Moniteur scientifique* du docteur Quesneville. Cette question présentant un grand intérêt agricole et industriel, il m'a paru utile de comparer les résultats fournis par cette méthode avec ceux que donnent les procédés que nous employons en France.

La Société des agriculteurs de France et la Société des directeurs de stations agronomiques, se sont prononcées, chacune de leur côté, sur l'utilité de l'unification des méthodes d'analyses employées pour les engrais et si l'on a pu discuter l'utilité de cette mesure, pour les dosages de matières parfaitement définies comme les engrais azotés ou potassiques, il ne peut en être de même dans cette question de phosphates rétrogradés dont on ne peut évaluer la valeur que par leur solubilité dans certains réactifs; or les phosphates naturels servant à la fabrication des superphosphates sont tous plus ou moins solubles dans les réactifs employés, et de plus les phosphates rétrogradés étant non une espèce chimique définie, mais un mélange de plusieurs phosphates différents, ces produits sont également plus ou moins solubles dans les dissolvants employés.

Il est donc indispensable d'adopter une méthode permettant aux analystes d'arriver à des résultats comparables, ce qui est absolument impossible par l'emploi de méthodes différentes, puisqu'on se trouve en présence d'un dosage ne reposant pas sur des bases absolues comme la solubilité dans l'eau ou les acides forts.

Nous avons passé en revue, dans une publication précédente insérée dans ce recueil, même les divers procédés essayés successivement; on a renoncé à l'emploi d'une solution d'oxalate d'ammoniaque à l'ébullition qui attaquait, comme l'a montré M. Joulie, tous les phosphates minéraux et de plus dissolvait fort mal les phos-

phates rétrogradés de fer et d'alumine. On a généralement adopté l'emploi d'une solution de citrate d'ammoniaque. MM. Luck, Frésénius et Neubauer, à qui on est redevable de l'emploi de ce réactif, attaquaient le superphosphate par le citrate d'ammoniaque neutre d'une densité de 1,09 et le laissaient réagir à la température de 30 à 40° pendant une demi-heure. Si dans cette opération la liqueur devient acide, il se dissout une notable proportion du phosphate primitif, de plus j'ai montré dans l'article cité ci-dessus que les phosphates de fer et d'alumine étaient très incomplètement attaqués par ce réactif.

On a adopté alors le citrate d'ammoniaque fortement ammoniacal, en agitant à froid, ainsi que l'a indiqué M. Joulie et c'est de beaucoup le meilleur réactif, ou plutôt le moins mauvais, que l'on ait préconisé jusqu'à présent. En effet en employant cette méthode on n'attaque pas sensiblement les phosphates minéraux employés à la fabrication des superphosphates, tels que les apatites, les coprolithes des Ardennes, les phosphates du Lot, du Nassau, de l'Auxois, généralement employés comme matières premières, tandis que l'on dissout le phosphate soluble dans l'eau, le phosphate bicalcique, et les phosphates acides et neutres de fer et d'alumine qui constituent la majeure partie du phosphate rétrogradé.

On admet aujourd'hui, le plus généralement, que tout l'acide phosphorique qui se dissout dans le citrate d'ammoniaque a une valeur équivalente à la partie soluble dans l'eau et M. Pétermann a donné récemment dans les *Annales* des preuves expérimentales que cette conclusion était légitime.

Beaucoup d'agronomes, s'appuyant sur ces expériences, professent à tort, suivant nous, que la solubilité dans le citrate d'ammoniaque représente l'assimilabilité du phosphate.

Je crois qu'il ne faut pas envisager l'action de ce réactif d'une façon aussi absolue ; il est bien démontré aujourd'hui que les phosphates agissent d'autant plus facilement dans le sol qu'ils sont plus facilement solubles dans les réactifs faibles, tels que les acides faibles et les sels ammoniacaux. Cependant ceci n'a rien d'absolu, le phosphate tricalcique se dissout plus facilement dans les acides faibles, tels que l'acide citrique étendu, que le phosphate bicalcique qui est cependant plus facilement assimilable que lui.

De plus, le citrate d'ammoniaque ammoniacal attaque non seu-

lement les phosphates d'os, les guanos phosphatés naturels, mais encore certains phosphates minéraux, le phosphate de Curaçao par exemple, et surtout le phosphate de Rédonda. Ce dernier produit est du phosphate d'alumine de la formule $3\,PO^5$, $2\,Al^2O^3$, HO, renfermant 40 pour 100 d'acide phosphorique. 1 gramme de ce phosphate acide mélangé à $50^{cc}$ de citrate lui abandonne 10 pour 100 d'acide phosphorique, et si on prend une quantité moindre de phosphate, ce qui revient à augmenter la quantité de réactif, on en dissout beaucoup plus. Cependant personne ne donnera la même valeur agricole à ce produit et à un superphosphate de même titre, à moins que des essais comparatifs directs dans le sol aient montré qu'ils y agissent de la même façon.

Il faut donc considérer le citrate d'ammoniaque comme un réactif capable de nous rendre des services dans certains cas, mais non comme un criterium absolu de la valeur d'un engrais phosphaté.

M. Joulie indiquait une durée de contact d'une heure comme suffisante pour dissoudre tout l'acide phosphorique rétrogradé. J'ai proposé dans le travail précédent de porter ce temps de douze à quinze heures. Cette modification est maintenant adoptée d'une façon générale, bien que dans le dernier numéro des *Annales agronomiques*, M. Gassend conseille de s'en tenir à la méthode primitive de M. Joulie.

Cette modification ne peut cependant être discutée. En effet, quand on analyse un superphosphate nouveau, la solubilité dans le citrate est complète en une heure. Il en est de même si le superphosphate est ancien, mais ne contient pas ou peu de sesquioxydes et que le phosphate rétrogradé ne soit que du phosphate bicalcique; mais avec des superphosphates fabriqués d'ancienne date et contenant des sesquioxydes, la solubilité dans le citrate augmente d'heure en heure, et ce n'est qu'après douze à quinze heures que le titre reste constant. M. Gassend avait fait remarquer autrefois que la solubilité augmentait avec la température.

J'établirai plus loin que l'on arrive au même résultat à froid en prolongeant suffisamment la réaction.

En se plaçant dans ces conditions variables, les analystes ne peuvent tomber d'accord; on ne sait ce que l'on fait si l'on n'épuise pas l'action du citrate et on ne voit pas de raison pour le faire réagir une, deux ou trois heures et à une température de 20, 30 ou 40 degrés : quand on cherche la solubilité dans le citrate, il est évi-

dent qu'il faut épuiser l'action de ce réactif, ce qui a lieu en douze à quinze heures à une température de 15 degrés.

M. Joulie s'est rangé à cet avis et m'a communiqué un grand nombre de résultats d'analyse de superphosphates faits par ces deux procédés. J'en citerai seulement le suivant :

Un superphosphate obtenu avec une phosphorite de l'Auxois, conservé pendant quatrre ans, a donné :

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique, total.................. | 15 |
| Soluble au citrate en une heure.............. | 8.14 |
| Soluble au citrate en douze heures........... | 10.17 |

Or, un gramme de phosphate de l'Auxois ne cède au réactif qu'un milligramme d'acide phosphorique en une heure ou en douze. Il s'ensuit donc que, dans le premier cas, l'attaque du phosphate rétrograde était incomplète.

Dans mon dernier travail sur cette question, j'ai montré que notre méthode actuelle est encore incomplète : dans le cas où le phosphate primitif renferme de grandes quantités de sesquioxyde, il se forme alors des phosphates rétrogradés correspondant aux formules :

$$2PO^5,3M^2O^3,HO \text{ et } PO^5,2M^2O^3,HO$$

qui sont excessivement peu solubles dans le citrate d'ammoniaque. Il était donc très intéressant de voir si la nouvelle méthode indiquée par M. Gladding était supérieure à celle suivie en France et si elle permettait d'atteindre ces phosphates qui résistent à notre moyen habituel.

Ce chimiste emploie le citrate d'ammoniaque d'une densité de 1,09 qu'il rend légèrement ammoniacal. Il prend 100$^{cc}$ pour 1 gramme de superphosphate, place le tout dans un flacon bouché qu'il introduit dans un bain-marie à 100 degrés, la température intérieure atteint 70° et tombe à 40 au bout d'une heure. Il procède alors au dosage de l'acide phosphorique.

La quantité de réactif employée est sensiblement la même que celle que nous prenons : le citrate de 1,09 de densité correspond à 200 grammes d'acide citrique par litre. Dans le procédé Joulie on met 400 grammes d'acide citrique par litre, mais on prend seulement 50$^{cc}$. M. Gladding est obligé de mettre peu d'ammoniaque en excès, pour éviter une pression trop élevée. Je me suis assuré que, quand la liqueur était ammoniacale, l'addition d'un excès d'ammoniaque n'a pas grande influence. Ce qui a amené M. Gladding à employer cette

méthode, c'est qu'il a reconnu ce que nous avons établi antérieurement : que le procédé de M. Frésénius ne dissout qu'une partie des phosphates rétrogradés et que par son nouveau mode d'opérer on peut en dissoudre beaucoup plus.

Un superphosphate sec de Navassa a été analysé, il renfermait :

| | | |
|---|---|---|
| Acide phosphorique, total | 17 | p. 100 |
| — soluble dans l'eau | 5 | — |
| — soluble dans l'oxalate d'ammoniaque à 35° | 6.15 | — |
| — dissout par la méthode Frésénius | 5.90 | — |
| — soluble dans l'oxalate à 100° | 8.55 | — |
| — dissout par la méthode Gladding | 9.85 | — |

M. Gladding s'est assuré que la roche primitive n'était pas plus sensiblement attaquée dans un cas que dans l'autre.

| 0gr,40 de phosphate de Navassa a cédé | |
|---|---|
| Par la méthode Frésénius | 1.16 p. 100 de $PO^5$ |
| — la méthode Gladding[1] | 1.59 — |

Malheureusement M. Gladding ne savait pas combien ce superphosphate renfermait d'acide phosphorique soluble, et il ne peut dire par conséquent si avec sa méthode on dissout tout le phosphate qui a rétrogradé. Le seul procédé permettant de se rendre compte exactement d'une méthode de dosage de ces produits consiste, comme nous l'avons montré, à prendre un superphosphate frais et à en faire l'analyse complète aux différentes phases de sa dessiccation.

M. Gladding a pensé que le procédé Frésénius n'attaquait pas complètement les phosphates de sesquioxyde. Pour s'en assurer, il a préparé un mélange de phosphates normaux de fer et d'alumine

$$PO^5,Fe^2O^3,HO \text{ et } PO^5Al^2O^3,HO$$

renfermant 35,62 d'acide phosphorique pour 100. On a dissous :

| | |
|---|---|
| Par la méthode Frésénius | 13,14 p. 100 |
| — la méthode Gladding | 35,62 — |

C'est ce que nous avons établi précédemment. Or si M. Gladding avait employé concurremment la méthode française, il aurait vu que les phosphates de fer et d'alumine normaux se dissolvent complètement et par conséquent il eut obtenu les mêmes résultats qu'avec nos procédés.

1. Les coprolithes des Ardennes et la phosphorite du Lot cèdent 0gr,001 de $PO^5$ en douze heures à froid en employant le citrate, et par la méthode Gladding 0gr,0013.

J'ai essayé la méthode de M. Gladding comparativement à la nôtre sur un superphosphate bien connu, préparé par M. Joulie et qui donne la rétrogradation au citrate d'ammoniaque la plus forte que nous ayons constatée. Ce superphosphate provenait d'une phosphorite du Lot très impure, que l'on avait attaquée presque complètement par l'acide sulfurique. Cette phosphorite renfermait :

| | | |
|---|---|---|
| Acide phosphorique | 27.90 | p. 100 |
| Chaux | 35.25 | — |
| Alumine | 9.60 | — |
| Oxyde de fer | 7 | — |

Huit jours après le traitement à l'acide sulfurique on a trouvé :

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique, total | 13.95 p. 100 |
| — soluble dans le citrate | 13.25 soit 95 p. 100 du total. |

après 4 ans on a trouvé :

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique, total | 15,80 p. 100 |
| — soluble dans le citrate en deux heures. | 12 soit 80 p. 100 du total. |
| — soluble dans le citrate en douze heures. | 14,02 soit 88,73 p. 100 |
| — soluble par la méthode Gladding[1] | 14,40 soit 91,14 p. 100 |

On constate donc par notre méthode une rétrogradation au citrate de 6,25 pour 100 et par la méthode Gladding une rétrogradation de 3,84 pour 100.

La rétrogradation est un peu moins forte que celle que donne notre méthode, mais existe néanmoins.

Il restait à contrôler ces résultats en opérant sur des phosphates de sesquioxyde purs.

On a préparé le phosphate de fer

$$3PO^5, 2Fe^2O^3, HO$$

séché à 40 degrés et renfermant 27,80 pour 100 d'acide phosphorique.

0gr,500 contenant 0gr,139 d'acide

ont été traités par 50cc de citrate à froid pendant 12 heures.

On a dissous 0gr, 0135 d'acide phosphorique. Avec 100cc densité 1, 09; méthode Gladding, on a dissous 0gr, 0158.

1. On a pris dans ces essais 0gr,5 de superphosphate et 50cc de citrate d'ammoniaque formule Joulie, ou 100cc formule Gladding avec 1 gramme et les mêmes quantités de réactifs ; on a :

| | |
|---|---|
| Acide phosphorique soluble en douze heures | 13.43 soit 85 p. 100 |
| — — méthode Gladding | 13.82 soit 87.45 p. 100 |

Ces phosphates sont donc un peu mieux dissous par cette méthode que par la nôtre, mais la différence est très faible et les résultats obtenus sont comparables.

*Conclusion.*— La méthode de M. Gladding est comparable à celle que nous suivons en France, mais à la condition de laisser réagir le citrate à froid 12 à 15 heures pour épuiser l'action de ce dissolvant.

M. Gladding dit que les chimistes américains se sont beaucoup préoccupés de ce que la solubilité dans le citrate d'ammoniaque varie quand on opère sur des quantités différentes de substances: nous croyons pouvoir affirmer que ces différences proviennent uniquement de la faible solubilité des phosphates basiques de fer et d'alumine qui influe néanmoins sur les dosages, aussi faut-il prendre des quantités de matières peu considérables, mais permettant néanmoins d'effectuer l'analyse. Je crois que le mieux est d'opérer sur $0^{gr},500$ de superphosphate et $50^{cc}$ de citrate d'ammoniaque, formule de M. Joulie, ou $100^{cc}$, formule de M. Gladding.

---

## REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

---

### Physiologie végétale

*L'Influence de la diminution de la pression partielle de l'oxygène sur l'accroissement*, par M. A. Wieler[1]. M. P. Bert a démontré que la pression de l'air dans lequel on fait végéter des plantes, n'agit pas comme telle, mais uniquement par la pression de l'oxygène qu'il renferme, c'est-à-dire que les plantes se comportent de la même manière dans l'oxygène pur, à une pression donnée, que dans un mélange gazeux qui renferme de l'oxygène à la même pression partielle.

L'auteur de ce nouveau travail, qui a été couronné par la Faculté de Tubingue, se propose de résoudre les deux problèmes suivants : Quelle est la pression partielle minima de l'oxygène, nécessaire à l'accroissement? Jusqu'à quel point faut-il abaisser la pression partielle de l'oxygène pour obtenir un ralentissement de l'accroissement?

Les expériences ont été faites sous des cloches de verre d'environ $1500^{cc}$, rodées et mastiquées sur des plaques de verre dépoli; on y faisait le vide à l'aide d'une trompe et si cette diminution de pression ne suffisait pas, on diluait

1. *Untersuchungen aus dem botan. Institut zu Tübingen*, t. I, p. 189-232, avec figure dans le texte.

le reste de l'air avec de l'hydrogène pur pour faire de nouveau le vide; il était possible de réduire le volume de l'air (ramené à la pression normale) à 0$^{cc}$,0231, par conséquent celui de l'oxygène à 0$^{cc}$,0048.

Toutes les précautions ont été prises pour éviter les causes d'erreur qui résultent de l'oxygène contenu d'abord dans les plantes mêmes, dans l'eau d'arrosage, dans la sciure de bois qui servait de substratum, etc.

L'accroissement des plantes a été mesuré, soit à l'aide d'une lunette, soit à l'aide d'un microscope spécial, à long foyer, fixé horizontalement sur un support convenable et dont les déplacements en hauteur étaient mesurés à l'aide d'une vis micrométrique.

Les plantes soumises aux expériences sont : *Helianthus annuus*, *Vicia Faba*, *Lupinus lutens*, *Brassica Napus*, *Cucurbita Pepo*, *Bellis perennis*, *Ricinus communis*. — *Caprinus lagopus*, *Mucor mucedo*, *Phycomyces nitens*.

Les plantes phanérogames sont les unes à graines grasses, les autres à graines amylacées; elles sont maintenues à l'obscurité afin d'éviter tout dégagement d'oxygène.

*Résultats.*

1° Tout accroissement cesse en l'absence de l'oxygène. Les champignons anaérobies font seuls exception.

2° Les quantités d'oxygène nécessaires à l'accroissement sont extrêmement faibles.

Les limites des minima d'oxygène sont indiqués par les chiffres suivants :

*a*) *Helianthus annuus*. Il a fallu faire le vide de 2 à 5 fois (à 3 mill.) en lavant chaque fois l'appareil avec de l'hydrogène pur; le gaz restant renfermait de 0,00029 à 0,000 000 000 019 d'oxygène pour 100 volumes.

*b*) *Vicia Faba*. On a fait cinq fois le vide. Oxygène restant : 0,000 000 000 019 pour cent.

*c*) *Lupinus lutens*. Vide fait deux ou trois fois. Oxygène restant : 0,078 à 0,000 0052 pour cent.

*d*) *Brassica Napus*. Vide fait jusqu'à 3-18 mm. de pression. Oxygène restant 0,51 à 0,08 pour cent.

*e*) *Cucurbita Pepo*. Vide à 3 mm. Oxygène restant 0,09 pour cent.

*f*) *Ricinus communis* et *Bellis perennis*, mêmes conditions.

*g*) *Caprimus lagopus*. Vide à 3-20 mm. Oxygène restant : 0,09 — 0,58 pour cent.

*h*) *Mucor mucedo*. Oxygène restant : 0,00029 pour cent.

*i*) *Phycomyces nitens*. Vide à 3-5 mm. Oxygène restant 0,14 — 0,20 pour cent.

3° Lorsque la pression de l'air diminue, la vitesse d'accroissement commence par augmenter : elle atteint un optimum correspondant à une certaine pression pour redescendre ensuite : enfin elle finit par s'arrêter. Cet optimum d'accroissement a été déterminé approximativement pour l'*Helianthus annus* et le *Vicia Faba* : il correspond pour la première de ces plantes à 100 mm. de pression, ou 3 pour cent d'oxygène et pour la fève à 200 mm. ou 5-6 pour cent d'oxygène (par rapport au volume de la cloche).

4° Le ralentissement de l'accroissement a été étudié comparativement avec l'accroissement dans l'air normal.

Ce ralentissement commence :

*a*). Pour l'*Helianthus*, à 5-15 mm. de pression ou 0,15-0,5 d'oxygène pour 100 volumes.

*b*). Pour la Fève, à 50 mm. de pression ou 1,45 pour cent d'oxygène.

*c*). Pour le Lupin, à 50 mm. de pression.

*d*). Pour le Potiron, à 200 mm. de pression ou 5-6 pour cent d'oxygène.

5° Le Soleil et la Fève croissent plus vite dans l'oxygène pur que dans l'air atmosphérique à la pression ordinaire; mais dans l'oxygène pur à la pression de 2-2 1/2 atm., l'accroissement commence à se ralentir.

6° Si on représente la vitesse d'accroissement par une courbe, dont les abscisses correspondent aux pressions de l'air, et les ordonnées aux accroissements, l'accroissement à la pression atmosphérique étant posé égal à zéro, cette courbe se dessine de la manière suivante : à partir d'un point situé au-dessous de l'axe des abscisses, elle s'élève rapidement jusqu'à la pression de 100 ou de 200 mm.; là elle atteint un premier maximum pour redescendre, de manière à couper l'axe des abscisses, à la pression atmosphérique; le minimum est atteint vers 2-2 1/2 atmosphères de pression, elle se relève vers un nouveau maximum; elle redescend encore une fois. Elle paraît donc avoir 2 maxima et 3 minima.

Des recherches de M. Wilson exécutées au même laboratoire de Tubingue, ont montré qu'il n'y a aucun rapport entre ces accroissements et l'intensité de la respiration. Cet observateur a fait végéter les plantes dans de l'air, et comparativement dans un mélange d'air et d'hydrogène : il a trouvé que la quantité d'acide carbonique dégagé par les plantes, ne commence à s'abaisser que lorsque la teneur en oxygène est descendue à 1 pour cent.

*Les poils radicaux des plantes, par* M. FRANCK-SCHWARZ[1]. — Ce mémoire qui fait suite aux travaux de Gasparini, de MM. Sachs, Persecke et Mer, commence par un court aperçu historique. Le travail proprement dit se divise en quatre chapitres : 1° Le but des poils radicaux, 2° la dépendance du développement des poils radicaux des agents extérieurs, 3° la présence de ces poils dans les différentes plantes, et 4° l'anatomie des poils radicaux.

1.) Les deux fonctions physiologiques de la racine étant l'absorption de l'eau et la fixation de la plante dans le sol, il convient d'étudier l'utilité des poils radicaux à ce double point de vue. Ces poils augmentent la surface absorbante des racines : une racine de maïs cultivé dans l'air humide, parvient ainsi à multiplier par 5 1/2 sa surface active, une racine de pois, par 12,4; une racine aérienne du *Scindapsus pinnatus* (Aroïdée) par 8,7; enfin une racine flottante du *Trianœa bogotensis*, par 6,63. Plus le sol est humide et moins il se forme de poils radicaux : il en résulte une espèce de régulation automatique.

Les poils pénètrent dans les moindres interstices du sol, tout en restant perpendiculaires à la direction de la racine, de sorte qu'ils contribuent à épuiser certaines parties du sol qui ne seraient pas atteintes par les racines mêmes; lorsqu'ils arrivent à butter contre un obstacle résistant, ils dévient pour reprendre leur direction primitive aussitôt que cet obstacle est contourné. On n'a

1. *Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen*, t. I, 2e fasc., p. 185-188, avec fig. dans le texte et une planche.

remarqué aucune action hydrotropique, c'est-à-dire que les poils radicaux ne se dirigent pas vers les endroits les plus humides. Il est facile de s'en convaincre en faisant croître une racine le long d'une plaque de tourbe humectée: les poils sont partout rectilignes et perpendiculaires à la racine; ils ne dévient de cette direction qu'après avoir touché la place solide. Grâce à une cuticule mucilagineuse dont ils sont recouverts, ils s'attachent entièrement aux particules solides du sol; il paraît cependant qu'il existe des plantes dont les poils radicaux ne s'attachent pas aux granules de la terre (*Tradescantia*, *Thesium*, Ciboule, Lis, Ficaire). Il est facile de comprendre les avantages que présente une pareille enveloppe : d'abord l'acide ou les acides provenant de la racine, s'y diffusent facilement et sont mis en contact intime avec les particules du sol solubles dans ces acides (carbonate et phosphate de chaux, etc.) et ensuite elle doit être un obstacle très efficace à la dessiccation éventuelle des poils radicaux.

Les poils radicaux sont extrêmement fugaces; indépendamment des actions extérieures nuisibles, ils périssent en haut à mesure qu'il s'en forme en bas, et cela avant l'apparition du périderme dans la racine.

On admettait, depuis les recherches de M. Sachs, qu'en repiquant les plantes on laisse dans le sol une grande quantité de poils radicaux et que les racines elles-mêmes périssent ensuite. Lorsque la terre est très sèche, on parvient aisément à ne pas blesser ces poils et malgré cela les racines de certaines plantes ne supportent pas la transplantation. Lorsqu'on transporte dans l'eau les racines couvertes de poils, cultivées dans l'air humide, il arrive souvent que les poils éclatent par suite de la pression osmotique.

Il est évident que les poils radicaux doivent puissamment concourir à fixer solidement les racines dans le sol; leur rôle mécanique pendant la germination est surtout fort apparent, comme l'a montré Darwin[1]; ils s'attachent en effet aux particules terrestres environnantes, et facilitent la pénétration de la radicule dans le sol. Il arrive souvent, lorsque la terre est très humide et très tassée, que les poils radicaux faisant défaut, la jeune plante est constamment soulevée par son propre accroissement sans que la racine puisse pénétrer dane le substratum. Cette pénétration de la racine étant obtenue, les poils qui ne commencent à se développer qu'à une certaine distance de l'extrémité de la racine, fixent celle-ci, tout en laissant l'extrémité libre d'obéir aux diverses influences qui agissent sur sa direction[2].

1. On s'est souvent occupé dans ces derniers temps des poils radicaux qui naissent au collet de la racine dès la germination et qui sont spécialement destinés à fixer la graine et à faciliter la pénétration de la radicule. Ils jouent le rôle dévolu ailleurs aux matières gommeuses qui recouvrent le testa ou de poils spéciaux ou d'autres petits organes souvent bien singuliers qu'on rencontre, soit sur le testa (*Collonnia*), soit sur le péricarpe des achaines (Seneçon, etc.).

La plupart de ces faits étaient connus, mais ce n'est guère qu'après les recherches de Darwin et d'une notice de M. Briosi (Sopra un organo di alcuni embryoni vegetali) qu'on les a de nouveau groupés suivant leurs fonctions (Voyez : Warming : *Botanische Notizen* (*Bot. Zeit.*, 1833, col. 200). — Ascherson, *Zur Geschichte der Wurzelknotenbehaarung*, *ibid.*, col. 447).

2. L'auteur n'a pas poussé aussi loin qu'il aurait pu le faire cette petite étude mécanique. On sait que les racines une fois formées, se raccourcissent et exercent une

M. Mer pense que les poils radicaux ne prennent naissance que lorsque la racine elle-même est entravée dans son accroissement en longueur, et M. Persecke se range du même avis. Cette opinion paraît être trop exclusive. Dans les conditions normales, c'est-à-dire dans celles auxquelles la racine est adaptée, le maximum de développement des poils radicaux coïncidera avec le maximum de l'énergie d'accroissement et dépendra, par suite, de l'accès de l'air, de l'humidité, de l'optimum de température, de l'excès des matériaux élaborés, de la faible résistance du sol. Enfin la faculté de réaction et la sensibilité des différentes espèces entrent également en ligne de compte.

Cette partie du travail qui est particulièrement approfondie, a conduit aux résultats suivants :

1) Il existe un minimum d'humidité à laquelle le développement des poils radicaux commence, un optimum où il est le plus fort et un maximum où il cesse plus ou moins complètement.

2) La diminution des poils radicaux, lorsque l'eau abonde et l'augmentation lorsqu'elle est rare, doivent être considérées comme un phénomène d'adaptation. Mais ceci n'est qu'une explication théorique, non une indication des causes réelles.

3) C'est au maximum d'accroissement que la racine développe le plus grand nombre de poils. Le ralentissement de l'accroissement par un excès d'humidité entraîne une réduction des poils radicaux, tandis que le ralentissement de l'accroissement par défaut d'humidité, tout en produisant une augmentation *locale* du nombre des poils, en a baissé le nombre total.

Plus loin l'auteur résume de la manière suivante une autre série d'expériences :

1) L'eau et l'air humide agissent directement sur les cellules épidermiques de la racine.

2) Le défaut de l'oxygène n'est pas la cause de l'absence des poils radicaux dans l'eau.

3) L'influence nuisible de l'eau ne peut être supprimée ni par un ralentissement ni par une accélération de la vitesse d'accroissement. Un ralentissement causé par une influence extérieure est également sans action.

La résistance du sol ou d'un objet quelconque ne provoque jamais le développement de poils radicaux.

4) La nutation de la racine favorise la formation de ces poils.

traction puissante de haut en bas sur toute la plante : c'est ainsi qu'un pied de Pissenlit a beau s'accroître, sa rosette de feuilles reste toujours à fleur de terre. La seule zone momentanément immobile est celle qui est garnie de poils radicaux; au-dessous de cette zone la racine s'allonge, au-dessus elle se raccourcit, mais la zone elle-même se déplace, puisque les poils se détruisent en haut à mesure qu'il s'en forme de nouveau au-dessous.

M. Sachs cite un bel exemple de raccourcissement des racines. Le *Ficus religiosa* produit sur ses branches étalées horizontalement de nombreuses racines aériennes qui pendent verticalement dans l'air; arrivées au sol, elles s'y fixent et, lâches d'abord, ne tardent pas à se tendre comme des cordes de piano; ensuite elles s'accroissent en diamètre pour devenir de véritables colonnes de sustentation pour les fortes branches de l'arbre. — Voyez à ce sujet l'intéressant chapitre des *Vorlesungen de M. Sachs*, p. 27.

5) Les cellules épidermiques perdent au bout d'un temps très court la faculté de s'allonger en forme de poils.

6) La succession des poils est rigoureusement acropète; il n'apparaît jamais de poils nouveaux entre les poils déjà développés.

3) On conçoit aisément l'inutilité des poils radicaux dans les deux cas suivants :

1) Facilité extrême de l'absorption de l'eau et des aliments salins : plantes aquatiques et palustres.

2) Emploi très restreint de l'eau et des aliments salins : conifères, plantes tubéreuses et parasites.

L'étude d'un grand nombre de plantes réalise dans une large mesure ces deux prévisions théoriques. C'est là un nouveau cas d'harmonie complète entre le fonctionnement des différents organes des plantes et le milieu ambiant.

Nous pouvons passer sous silence le 4e chapitre qui traite de l'anatomie des poils radicaux et dont les résultats, même au point de vue de l'anatomie végétale, ne méritent guère de fixer l'attention des lecteurs des *Annales agronomiques*.

*Existe-t-il un optimum de transpiration ? par* M. F. Tschaplowitz. — Quelque incomplet que soit ce travail, qui n'est au fond qu'une note préliminaire, nous n'hésitons pas à lui attribuer une très grande importance au point de vue agricole. La voie dans laquelle l'auteur est entré, conduira, selon nous, non seulement à expliquer les nombreux désaccords des auteurs qui s'occupent de constantes thermiques, mais encore à la ruine totale de cette singulière théorie, dans laquelle on ajoute des nombres qui ne représentent pas des quantités, quoi qu'on dise.

Il s'agit de l'influence de la transpiration sur l'assimilation. On croyait, jusqu'à ce jour, que l'assimilation est d'autant plus forte que la transpiration est plus active ; en d'autres termes que l'intensité de l'assimilation ne peut pas être trop grande, qu'elle n'a pas *d'optimum*.

Il n'en est pas ainsi, car l'auteur a trouvé, pendant les étés très secs, que la capucine a produit beaucoup plus de matière sèche dans de l'air humecté (non saturé) que dans l'air atmosphérique ordinaire.

L'auteur a évalué l'assimilation : 1° par la mensuration de la surface totale des feuilles; 2° par le dosage de la matière sèche.

| | 13 JOURS DE VÉGÉTATION 8 plantes. | | 14 JOURS DE VÉGÉTATION 9 plantes, 10 plantes | | 10 JOURS DE VÉGÉTATION 4 plantes. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AIR ordinaire. | AIR humecté. | AIR ordinaire. | AIR humecté. | AIR ordinaire. | AIR humecté. |
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Transpiration par jour....... | 2.73 | 1.75 | 1.98 | 1.44 | 1.47 | 1.52 |
| Poids frais.................. | 10.53 | 11.80 | 11.84 | 15.86 | 3.82 | 4.74 |
| Poids sec (cendres déduites). | 1.275 | 1.314 | 1.300 | 1.781 | 0.485 | 0.558 |
| Poids sec au plus pour cent.. | | 5.39 | | 23.33 | | 14.98 |

C'est ainsi qu'il a trouvé pour la capucine et quelques autres plantes telles, que plusieurs variétés de haricots, le pois, le frêne, le charme, le cotonnier, le *Philodendron pertusum*, le *Caladium macrophyllum*, ont donné des résultats semblables, mais l'expérience ne réussit que lorsque l'optimum de transpiration est placé plus bas que l'intensité transpirative correspondant aux conditions climatériques dans lesquelles on opère, ce qui n'est pas toujours le cas.

La cause de la faible assimilation pendant la saison sèche paraît donc résider dans l'exagération excessive de la transpiration. Pour trouver l'intensité optima de celle-ci, il faudra naturellement faire sur chaque plante des expériences assez nombreuses pour montrer jusqu'à quelle intensité de la transpiration l'assimilation s'accroît pour redescendre ensuite.

## Chimie agricole

*Sur la proportion d'acide contenue dans l'air.* — MM. Muntz et Aubin rendent compte à l'Académie (séance du 18 juin) des analyses d'air qu'ils ont effectuées sur les échantillons provenant des différentes stations où les astronomes ont observé le dernier passage de Vénus. On sait que ces messieurs ont imaginé un procédé très ingénieux d'absorption de l'acide carbonique contenue dans un grand volume d'air qui leur a permis de confier des appareils à des personnes qui ne sont que médiocrement exercées aux manipulations chimiques et d'obtenir ainsi des matériaux précieux qu'ils ont mis en œuvre à leur laboratoire. Ils ont ainsi repris au point de vue spécial de l'acide carbonique l'importante enquête sur la composition de l'atmosphère entreprise, il y a quarante ans, par MM. Dumas, Boussingault, Brunner, puis Regnault.

On se rappelle que cet illustre physicien était arrivé à reconnaître que l'oxygène ne se trouve pas dans l'air en proportions absolument fixes et qu'on peut dans certains échantillons reconnaître de légères variations, supérieures aux erreurs que peut commettre l'analyste surtout quand il est doué de la merveilleuse habileté de Regnault.

MM. Muntz et Aubin ont trouvé également que la proportion d'acide carbonique n'est pas constante, ils ont obtenu pour la moyenne générale des dosages d'acide carbonique 2,78 pour 10 000; elle est un peu inférieure à celle trouvée par M. Reiset dans le nord de la France (2,96) et à celle trouvée par les auteurs eux-mêmes dans la plaine de Vincennes (2,84) et au sommet du pic du Midi (2,86). La moyenne des prises de nuit est plus élevée que la moyenne générale, supérieure toujours à celle des prises de jour. En outre, les résultats obtenus dans l'hémisphère sud donnent une moyenne de 2,71, sensiblement inférieure aux résultats qu'on a trouvés dans l'hémisphère nord et qui conduisent au nombre 2,82. MM. Muntz et Aubin attribuent cette différence à l'extension des glaces dans le voisinage du pôle antarctique qui, en abaissant la température des eaux dans l'hémisphère austral, favorise la dissolution de l'acide carbonique, suivant les idées déjà émises par M. Schloesing.

*Origine de l'azote combiné existant à la surface de la terre.* — On sait que les origines des combinaisons azotées ne sont pas encore établies avec certitude : on suppose généralement que l'azote aérien s'unit à l'oxygène sous l'influence de l'électricité, et que toutes les autres combinaisons complexes dérivent, par une suite de transformations simples, des oxydes ainsi produits. En réalité, il est facile de reproduire ces combinaisons dans le laboratoire, soit par l'étincelle, soit par l'effluve électrique, mais rien ne démontre que, dans la nature, ce soit là la véritable origine des composés de l'azote : en effet, l'air ne renferme jamais que des traces d'azote combiné, et l'eau de pluie elle-même n'en contient que des proportions tout à fait insignifiantes : on a admis que dans les régions équatoriales où les manifestations électriques sont presque incessantes, ces phénomènes acquièrent une importance considérable; mais cette opinion n'a été vérifiée jusqu'ici par aucune observation précise.

MM. Muntz et Aubin proposent d'abord d'organiser dans un grand nombre de stations et particulièrement dans les régions tropicales, une vaste enquête sur la richesse en acide azotique des eaux pluviales, d'où l'on pourra tirer des renseignements très instructifs, ils émettent en outre une nouvelle hypothèse : toutes les combustions vives qui s'effectuent dans l'air déterminent la combinaison de l'azote avec l'oxygène et l'apparition d'acide nitrique; l'intensité de ce phénomène est quelquefois très considérable; c'est ainsi que 1 gramme de magnésium, en brûlant, a produit 0 gr. 100 d'acide azotique, et il en est probablement de même pour les autres éléments très combustibles, tels que le sodium, le calcium, le silicium, etc. Il est alors possible que, pendant la grande période géologique des combustions vives, il se soit formé une quantité considérable de combinaisons oxygénées de l'azote, qui ont fourni à la végétation exubérante de l'époque houillère et sur lesquelles nous puisons encore aujourd'hui. « Dans cette interprétation, il semblerait donc que nous vivons sur un stock d'azote combiné, produit à l'origine, et que nous sommes exposés à voir cette quantité décroître sous l'influence des causes, qui rendent à l'état gazeux l'azote qui avait servi à la formation des tissus des êtres vivants, à moins que l'apport dû à l'électricité atmosphérique ne soit une cause de réparation suffisante. »

*Observations sur la note de MM.* Muntz *et* Aubin. — La note que nous venons d'analyser rapidement présente le plus grand intérêt, et je crois devoir insister sur la position de la question à résoudre.

La plupart des agronomes ont renoncé à l'hypothèse que l'azote atmosphérique pût entrer en combinaison avec les tissus végétaux. M. Berthelot, il est vrai, a obtenu sous l'influence des effluves la combinaison de l'azote avec des hydrates de carbone, mais cette combinaison ne paraît pas se réaliser dans les végétaux vivants; en effet, la quantité centésimale d'azote que renferment les tissus des plantes herbacées décroît à mesure qu'elles avancent en âge, ce qui s'accorde mieux avec l'idée que les éléments de leur matière azotée sont puisés dans le sol par la racine qui présente, par rapport au poids total de l'individu dans le jeune âge, une proportion bien plus élevée que dans l'âge adulte, que avec l'hypothèse que cet azote proviendrait d'une fixation sur les tissus. L'azote

qu'on trouve dans les pailles des céréales arrivées à maturité ne semble être qu'une fraction de celui que la plante renfermait avant la migration des combinaisons azotées des feuilles vers les graines, et non une quantité additionnelle prise dans l'atmosphère.

Quand, en effet, on cherche à déterminer la quantité totale d'azote contenue dans la récolte d'un hectare, ainsi que l'a fait Isidore Pierre pour le blé et le colza, ainsi que nous l'avons fait, M. Nantier et moi, pour l'avoine, on reconnait que cette quantité reste stationnaire ou décroit à mesure que la maturation avance, ce qui ne devrait pas avoir lieu dans l'hypothèse où l'azote atmosphérique effluvé se fixerait sur les tissus.

Les expériences de MM. Mayer et Schlœsing ont montré que les feuilles peuvent se saisir de l'ammoniaque gazeuse quand l'atmosphère dans laquelle elles végètent en renferme des proportions sensibles, mais ils n'ont pu constater l'utilisation de l'ammoniaque atmosphérique par des plantes cultivées à l'air libre, et en effet, la quantité d'alcali volatil répandue dans l'air est tellement faible qu'on conçoit facilement qu'elle n'exerce aucune action directe sur les végétaux.

Il reste donc à chercher non pas comment les végétaux puisent directement dans l'air de l'azote libre ou combiné, mais comment le sol peut fournir plus d'azote qu'il n'en reçoit.

MM. Muntz et Aubin semblent penser que nous vivons sur un stock d'azote combiné qui ne se renouvelle que d'une façon très incomplète par la combinaison de l'azote et de l'oxygène, et ils veulent savoir quelle est la valeur de ce renouvellement.

Ce désir est très légitime; on professe habituellement que la région tropicale est la grande nitrière du globe où la foudre grondant constamment détermine l'union de l'oxygène et de l'azote, mais il faut bien reconnaître avec MM. Muntz et Aubin que cette manière de voir reste encore à l'état d'hypothèse, et que tant que nous n'aurons pas de déterminations précises sur ce sujet, nous ne saurons pas si cette manière de voir peut être adoptée. J'étais si convaincu de l'intérêt que présente ce genre de recherches que j'avais demandé, il y a déjà plusieurs mois, à un des correspondants de ce recueil, M. Rouf, directeur de la station agronomique de Saint-Pierre Martinique, de vouloir bien étudier les eaux de pluie qui tombent aux Antilles, au point de vue de leur richesse en acide azotique. M. Rouf a bien voulu s'occuper de cette question et il est très probable qu'il nous enverra prochainement ses premiers résultats.

Que la quantité d'acide azotique formée aux époques géologiques ait été considérable et qu'aujourd'hui encore nous profitions des réactions qui se sont produites à cette époque, comme en brûlant la houille nous récupérons la chaleur solaire que les végétaux ont emmagasinée il y a des milliers d'années, je n'y contredis pas. Seulement je crois absolument que nous pouvons conjurer partiellement l'épuisement de ce stock d'azote, car la fixation de ce gaz se produit journellement autour de nous, et il dépend des cultivateurs de la provoquer en accumulant dans le sol des débris carbonés, soit à l'aide du fumier de ferme, soit en établissant des prairies.

En effet, toutes les analyses de sols arables publiées depuis quelques années

s'accordent sur ce point que la richesse d'un sol en azote est corrélative de sa richesse en carbone. C'est un fait absolument démontré que les prairies, dans lesquelles la proportion de carbone est considérable, renferment également une proportion d'azote très forte, je considère encore comme établi que pendant le court espace de quelques années un sol couvert de trèfle ou de sainfoin peut nourrir sa récolte tout en maintenant sa teneur en azote et même en l'augmentant; les exemples tirés des cultures de Grignon que j'ai mis sous les yeux des lecteurs de ce recueil me paraissent démonstratifs; toutefois la question présente une telle importance qu'il est certainement utile de savoir si d'autres observations opérant sur des sols différents obtiendront des résultats semblables à ceux que j'ai trouvés; aussi serais-je très heureux que les chimistes agronomes qui disposent de champs d'expériences voulussent bien exécuter les essais suivants :

Choisir une terre arable de richesse moyenne renfermant 0k,0015 à 0k,002 d'azote combiné par kilogramme, prélever des échantillons et déterminer l'azote contenu, puis emblaver le sol en luzerne, en sainfoin, ou même le convertir en prairie naturelle, peser chaque année les récoltes et analyser un échantillon moyen, de façon à pouvoir calculer approximativement la quantité d'azote enlevée par les récoltes, puis dans trois ou quatre ans reprendre des échantillons du même sol; si on trouve, comme je l'ai constaté, que la terre a conservé sa richesse initiale ou même qu'elle s'est légèrement enrichie, on devra conclure que l'azote atmosphérique se fixe sur le sol.

C'est au reste ce qui résulte fatalement de l'exploitation indéfinie des prairies non fumées et non irriguées, des forêts et même des terres arables soumises à un assolement régulier qui, M. Boussingault l'a montré il y a cinquante ans, donnent aux récoltes plus d'azote qu'elles n'en reçoivent par les fumures.

Ces constatations présenteraient des avantages pratiques incontestables, on saurait quelle est la nature des sols où cet enrichissement se produit, quels sont ceux qui ne bénéficient pas au même degré de leur transformation en prairies.

Le cultivateur de ces terres, très nombreuses à ce que je crois, où l'accumulation du carbone détermine celle de l'azote, saurait qu'il dépend de lui d'augmenter la proportion d'azote de son sol, non par des achats d'engrais onéreux mais par le mode de culture suivie. P.-P. D.

*Production de l'ammoniaque dans la distillation de la houille.* — M. Scheurer-Kestner discute, dans une note adressée à l'Académie le 16 juillet, l'avantage qu'il pourrait y avoir, au point de vue de la production de l'ammoniaque, à remplacer dans le chauffage la houille par le coke et le gaz d'éclairage, résidus de sa distillation; il montre qu'en général la production de l'ammoniaque est tellement faible dans cette industrie, que la valeur de ce produit secondaire n'arrive pas à compenser la perte de calorique inhérente à la distillation elle-même. En conséquence, une pareille substitution ne présente aucun avantage au point de vue pratique, même en admettant pour la houille une valeur extraordinairement faible, 10 francs la tonne par exemple.

*Utilisation des cadavres d'animaux morts du charbon.* — M. Aimé Girard

propose d'utiliser les cadavres d'animaux morts du charbon de la manière suivante : on les plonge dans de l'acide sulfurique à 60°, en proportion suffisante pour les noyer complètement; au bout de vingt-quatre heures, rarement plus, la dissolution est complète; les muscles, le sang, les viscères, les poils, les os, tout a disparu, et l'acide est transformé en un sirop noir où surnagent quelques matières grasses liquéfiées; le dépôt léger, qui se forme au fond du liquide, ne possède aucune virulence; la bactéridie a été détruite de la façon la plus complète.

Avec 321 kilogrammes d'acide sulfurique à 60°, M. AIMÉ GIRARD a pu traiter ainsi, dans l'espace de dix jours, neuf moutons dont le poids s'élevait à 204 kilogrammes. Des 525 kilogrammes d'acide azoté ainsi obtenu, on a retiré 25 kilogrammes de graisse et 500 kilogrammes d'acide qui, au contact de 440 kilogrammes de coprolithes pauvres des Ardennes, ont fourni 940 kilogrammes de superphosphate titrant 0,36 d'azote, 5,86 d'acide phosphorique soluble et 1,77 d'acide phosphorique insoluble; ce superphosphate représente, avec la graisse, une valeur de 83 francs environ. L'acide et les coprolithes ayant coûté ensemble 46 francs, il en résulte un bénéfice net de 37 francs, obtenu presque sans manipulation et sans aucun danger. (*Comptes rendus*, 9 juillet.)

*Présence de la mannite dans l'ananas.* — M. LINDET présente à la Société chimique de Paris, dans sa séance du 8 juin 1883, un échantillon de mannite, parfaitement cristallisée, qu'il a extraite de la pulpe d'ananas fermentée. L'auteur pense que cette substance préexistait dans le fruit et que la fermentation n'est pour rien dans son apparition.

M. O. VON LIPPMANN (*Deutsche chemische Gesellschaft*, t. XVI) signale la présence de la coniférine dans les tissus lignifiés de la betterave.

*Effet remarquable produit par un engrais azoté sur la composition des pommes de terre*, par le prof. M. MAERKER[1]. — La terre dans laquelle on avait semé les pommes de terre était de bonne qualité, elle contenait l'argile, le sable et le calcaire en de bonnes proportions. Elle avait porté du trèfle l'année précédente.

La parcelle 1 ne reçut pas d'engrais; les autres parcelles reçurent toutes 40 kilogrammes par hectare d'acide phosphorique soluble et en outre des quantités variables de nitrate de soude.

Voici quelles furent les récoltes par hectare :

| | | |
|---|---|---|
| Parcelle n° 1. Sans engrais | 44 800 | kgr. |
| — — 2. Avec 200 kgr. de nitrate | 51 200 | — |
| — — 3. Avec 400 kgr. de nitrate | 49 800 | — |
| — — 4. Avec 600 kgr. de nitrate | 55 200 | — |

Nous voyons qu'en augmentant la proportion de nitrate, nous avons augmenté

1. *Biedermann's Centralblatt*, 12e année, fascicule VI.

le poids de la récolte. Mais examinons la composition des pommes de terre, et surtout leur contenance en amidon.

| | SANS ENGRAIS | NITRATE DE SOUDE | | |
|---|---|---|---|---|
| | | AVEC 200 KIL. | AVEC 400 KIL. | AVEC 600 KIL. |
| Matière sèche p. 100........... | 24.8 | 23.5 | 22.5 | 20.9 |
| *Dans 100 de matière sèche.* | | | | |
| Albumine..................... | 5.94 | 6.56 | 7.06 | 7.06 |
| Amide (asparagine, glutamine)... | 1.18 | 1.07 | 2.07 | 4.24 |
| Amidon...................... | 77.51 | 77.07 | 73.95 | 63.64 |
| Cellulose..................... | 1.40 | 1.60 | 1.30 | 2.10 |
| Sels minéraux.................. | 4.60 | 4.80 | 4.90 | 5.60 |
| Substances extractives non azotées. | 9.37 | 8.89 | 10.72 | 17.36 |

Ce tableau montre que l'emploi des nitrates a fait tomber la proportion centésimale de la matière sèche de 24,8 à 20,9, et la richesse en amidon dans les pommes de terre fraîches de 19,27, à 13,26.

Sur la parcelle sans engrais on récoltait 4,316 kilogr. d'amidon.

Sur la parcelle qui avait reçu le plus de nitrates, 3686 kilogr.

Cette forte proportion de nitrates ajoutée à la terre semble s'être opposée à la maturation des tubercules. Là où nous n'en avons pas ajouté, nous avons la plus forte proportion d'amidon, la moindre de substances extractives solubles, et d'amides tels que l'asparagine et la glutamine. La présence de l'amidon est un signe de maturité, celle de l'asparagine et des matières solubles indique au contraire que le travail de la plante n'est pas encore terminé et qu'elle n'a pas encore atteint tout son développement.

Dans l'exemple précité, les nitrates ont donc retardé la maturation des pommes de terre.

VESQUE.

*Le Gérant* : A. MASSON.

MOTTEROZ, Adm.-Direct. des Imprimeries réunies, B, Puteaux.

DU

# ROLE DE LA SILICE DANS LA VÉGÉTATION DU MAÏS

## ÉTUDES DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

PAR

M. VICTOR JODIN

On sait déjà depuis longtemps que la silice, qui entre pour une si grande proportion dans les cendres de beaucoup de plantes, ne paraît pas intervenir cependant comme un facteur essentiel de la nutrition et de l'assimilation au même titre que la potasse, l'acide phosphorique, etc. Son rôle semblerait en différer à certains points de vue.

Bien qu'il ne soit pas encore prouvé qu'une plante *siliceuse* (par exemple une graminée) puisse complétement évoluer dans un terrain absolument dépourvu de silice, il est du moins bien constaté que la proportion de cet élément peut se réduire à un minimum fort au-dessous de la moyenne normale, sans que la végétation paraisse en souffrir.

Le docteur Julius Sachs est, je crois, le premier qui ait démontré ce fait en élevant des plants de maïs dans de l'eau convenablement minéralisée et d'où la silice était exclue autant que possible. Les plantes ainsi cultivées pouvaient, avec certaines précautions, fructifier en donnant des graines fertiles, bien que l'analyse des cendres eût donné un minimum de silice extrêmement réduit.

J'ai eu occasion de reprendre ces expériences dans un but spécial un peu différent. J'ai voulu voir si la plante obtenue dans des conditions de régime aussi anormales, conserverait toute sa puissance évolutive et la transmettrait sans modification à sa descendance.

Je me suis donc appliqué et j'ai réussi à cultiver, pendant plusieurs générations, des grains de maïs dans de l'eau privée de silice autant que possible. Cette élimination de la silice des milieux de culture n'est pas sans difficulté. Car en dehors des sels servant à fertiliser l'eau et dont la purification est déjà difficile, les vases de verre que l'on emploie et les poussières de l'air deviennent, grâce à la

longue durée des expériences, des sources de silice dont il faut tenir compte, si l'on ne veut pas s'exposer à des interprétations téméraires. Aussi, comme mes prédecesseurs, ai-je presque toujours trouvé un peu de silice par l'analyse des plantes ainsi cultivées, seulement la proportion en était réduite au-dessous de 1/20 de sa valeur dans la plante normale.

Voici comme exemple une culture de maïs qui a traversé quatre générations sans que la privation de silice ait paru modifier sensiblement les caractères de la graine originelle. Cette graine primitive appartenait à la variété de maïs quarantain. En même temps qu'elle fut cultivée dans l'eau, d'autres de même espèce furent semées en pleine terre pour obtenir un terme de comparaison normal.

Cette première culture eut lieu en 1875. Elle constitue la première génération de la descendance, en voici les principaux éléments et résultats :

### Ire Génération de Maïs cultivée dans l'eau, en 1875.

L'eau de culture préparée avait sensiblement la composition suivante rapportée à un litre.

| | | gr. |
|---|---|---|
| Acide azotique | $AzO^5$ = | 0.1831 |
| — phosphorique | $PhO^5$ | 0.0103 |
| — chlorhydrique | ClH | 0.0184 |
| — sulfurique | $SO^3$ | 0.0032 |
| Oxyde de potassium | KO | 0.0529 |
| — de sodium | NaO | 0.0114 |
| — de calcium | CaO | 0.0419 |
| — de magnésium | MgO | 0.0040 |
| — ferrique | $F^2O^3$ | traces |
| Total par litre | | 0.3252 |

La végétation a marché régulièrement et a donné les résultats suivants :

| | gr. |
|---|---|
| Poids de la semence sèche | 0.150 |
| — récolte sèche à 100° | 12.500 |
| Rapport de la récolte à la semence | 83.012 |
| Nombre des graines de la récolte | 9 |

Cette récolte tout entière, sauf les graines réservées pour les

besoins de l'expérience, a été incinérée et analysée comparativement avec la récolte normale de pleine terre :

| | MINÉRALISATION RAPPORTÉE A 1 GR. DE MATIÈRE SÈCHE | |
|---|---|---|
| | de la plante normale de pleine terre. | de la plante cultivée dans l'eau. |
| | gr. | gr. |
| $PhO^5$ | 0.0075 | 0.0019 |
| ClH | 0·0038 | 0.0016 |
| $SO^3$ | 0.0026 | 0.0022 |
| $SiO^3$ | 0.0327 | 0.0004 |
| KO | 0.0365 | 0.0174 |
| NaO | 0.0022 | 0.0015 |
| CaO | 0.0118 | 0.0098 |
| MgO | 0.0010 | 0.0012 |
| $F^2O^3$ | 0.0005 | 0.0008 |
| $CO^2$ et pertes | 0.0404 (*) | 0.0112 (*) |
| Poids total des cendres : | 0.1390 | 0.0480 |

Le tableau ci-dessus montre combien la minéralisation totale, c'est-à-dire le poids relatif des cendres, a diminué comparativement dans la récolte obtenue dans l'eau. Cette diminution n'est pas seulement due à la disparution presque complète de la silice, mais elle porte encore sur d'autres éléments essentiellement actifs comme l'acide phosphorique et la potasse. Au reste la minéralisation d'une plante *prise individuellement* est un élément variable qui dépend beaucoup des circonstances dans lesquelles aura vécu cette plante. Pour trouver un type de minéralisation d'une certaine constance et caractéristique d'une espèce de plante, il est nécessaire d'opérer par grandes moyennes, c'est-à-dire sur un grand nombre d'individus cultivés dans les mêmes conditions. Et encore trouve-t-on, même pour des plantes de grande culture que, d'une année à l'autre, les influences climatériques, ou une préparation différente du sol déterminent des variations notables de ce type moyen.

**IIe Génération. — (Culture de 1876).**

Semence issue de la génération précédente. — Liquide de cul-

(*) *Nota.* Ce chiffre représente le poids de $CO^2$ déterminé indirectement par différence de la somme de tous les éléments déterminés directement retranchée du poids total des cendres. Il en résulte que toutes les indéterminations ou erreurs d'analyse viennent se confondre dans ce chiffre pour ne lui laisser qu'une simple valeur d'approximation.

ture ayant sensiblement la composition suivante par litre et en moyenne pendant la durée de la végétation.

| | gr. |
|---|---|
| $AzO^5$ | 0.1342 |
| $PhO^5$ | 0.0142 |
| ClH | 0.0009 |
| $SO^3$ | 0.0058 |
| KO | 0.0397 |
| NaO | 0.0060 |
| CaO | 0.0209 |
| MaO | 0.0043 |
| $F^2O^3$ | traces |
| | 0.2260 |

Résultats :

| | gr. |
|---|---|
| Poids de la semence sèche.............................. | 0.096 |
| — récolte........................................ | 8.996 |
| Rapport de la semence à la récolte...................... | 93.68 |
| Nombre des graines récoltées.......................... | 12 |

Minéralisation rapportée à 1 gramme de récolte :

| | gr. |
|---|---|
| $PhO^5$ | 0.0038 |
| ClH | 0.0009 |
| $SO^3$ | 0.0014 |
| $SiO^3$ | 0.0020 |
| KO | 0.0180 |
| NaO | 0.0009 |
| CaO | 0.0096 |
| MaO | 0.0012 |
| $F^2O^3$ | 0.0005 |
| $CO^2$ et pertes | 0.0083 |
| Cendres : | 0.0464 |

III[e] Génération. — (Culture de 1877).

Semence provenant de la deuxième génération dans l'eau. — Liquide de culture de composition analogue aux précédents, mais n'ayant été déterminée qu'approximativement.

Résultats :

| | gr. |
|---|---|
| Poids de la semence.................................. | 0.085 |
| — de la récolte sèche.......................... | 6.839 |
| Rapport de la récolte à la semence.................... | 80.45 |
| Nombre des graines récoltées.......................... | 25 |

Les cendres de cette récolte devant servir à d'autres expériences n'ont pu être analysées complètement. On a pu seulement constater que 1 gramme de récolte sèche incinérée en donnait 0gr,060, et que, comme précédemment, elles contenaient des traces de silice.

**IVe Génération. — (Culture de 1881).**

| | gr. |
|---|---|
| Graine issue de la IIIe génération pesant | 0.077 |
| Poids de la récolte sèche | 2.569 |
| Rapport de la récolte à la semence | 33.39 |

La plante a fleuri régulièrement, mais les graines n'ont pas mûri. Cette diminution relative du poids de la récolte ainsi que cette impuissance de la plante à mûrir ses graines, sembleraient accuser une espèce de dégénérescence, attribuable à la privation de silice continuée pendant les trois générations précédentes. Cette conclusion pourrait ne pas être exacte, et l'insuccès partiel de cette culture peut n'être qu'un de ces accidents particuliers, un de ces caprices d'expérience si fréquents avec les cultures dans l'eau et que le meilleur choix des graines ne réussit pas toujours à conjurer.

Un témoignage de l'intégrité physiologique des graines de la troisième génération est le résultat obtenu en semant ces mêmes graines dans de la terre végétale; les récoltes qu'elles donnèrent dans ces conditions furent égales, sinon supérieures à celles que produisirent des graines normales de premier choix.

Comme exemple, voici les résultats obtenus d'une de ces graines de troisième génération, semée dans un pot contenant seulement 82 grammes de terre végétale, mais arrosée avec la même eau qui servait à la culture aquatique.

| | gr. |
|---|---|
| Poids de la semence | 0.067 |
| — de la récolte | 27.065 |
| Rapport de la récolte à la semence | 403.9 |
| Nombre de graines récoltées | 24 |

Cette fertilité peut être considérée comme très grande, si l'on tient compte de la petitesse anormale de la graine, du faible volume du terrain et aussi de ce fait que la plante est élevée non en plein air, mais dans l'intérieur d'un laboratoire. L'analyse des

cendres de cette récolte, c'est-à-dire la détermination de sa minéralisation peut présenter un certain intérêt en la rapprochant de la récolte congénère obtenue dans l'eau.

*Minéralisation des récoltes obtenues de graines cultivées dans l'eau pendant trois générations successives et semées à la quatrième :*

| | (Dans l'eau). | (Dans la terre). |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| $PhO^5$ | 0.0066 | 0.0063 |
| ClH | 0.0046 | 0.0027 |
| $SO^3$ | 0.0048 | 0.0011 |
| $SiO^3$ | 0.0017 | 0.0185 |
| KO | 0.0442 | 0.0057 |
| NaO | 0.0072 | 0.0025 |
| CaO | 0.0069 | 0.0076 |
| MaO | 0.0036 | 0.0032 |
| $F^2O^3$ | 0.0010 | traces |
| $CO^2$ et pertes | 0.0159 | 0.0003 |
| Cendres : | 0.0965 | 0.0479 |

Ce qui frappe surtout dans cette comparaison, c'est la faible minéralisation de la plante cultivée dans la terre. La silice y est rentrée comme élément prédominant, si on la retranchait du poids total des cendres, ce dernier descendrait au rapport de 2,9 p. 100 de plante sèche.

En ce qui concerne la potasse, il y a eu réduction considérable de la quantité normale. Ce fait est d'autant plus remarquable, qu'ici on a affaire à un élément dont l'activité physiologique n'est pas dissimulée ou douteuse comme la silice, et que, la même eau ayant servi aux deux cultures, la plante cultivée en terre a eu à sa disposition autant et plus de potasse que sa voisine cultivée dans l'eau.

En résumé, ces expériences montrent que non seulement une graine de maïs, cultivée dans une solution minérale convenable, peut, — ainsi que l'a prouvé le premier le Dr Sachs, — végéter et former une plante d'apparence normale, sans fixer dans ses nouveaux tissus une proportion notable de silice ; mais encore que cette privation de silice, si contraire aux *habitudes spécifiques* de la plante, peut être prolongée pendant plusieurs générations successives, sans que cette descendance anormale manifeste une dégénérescence physiologique attribuable à la continuité de cette privation.

En un mot, une première graine de maïs, cultivée dans de l'eau minéralisée artificiellement et sans silice, a produit des graines fertiles, qui, cultivées de la même manière, ont donné une série de quatre générations dont la dernière s'est éteinte plutôt par suite d'un accident d'expérience que d'une véritable stérilisation des produits, car il paraît vraisemblable qu'avec quelques précautions la série aurait pu se prolonger davantage. Les analyses des récoltes obtenues dans l'eau, ou normalement en terre végétale au cours de ces expériences, prouvent aussi, par comparaison, combien est variable la minéralisation d'une plante, et combien elle dépend des conditions qui ont présidé à son évolution.

Laissant de côté la silice dont la fonction physiologique est obscure et discutable, si l'on considère un élément essentiellement actif, comme l'acide phosphorique ou la potasse, on trouve qu'un plant de maïs cultivé dans l'eau peut parcourir toutes les phases d'une évolution complète, y compris la production de graines fertiles, en mettant en œuvre et retenant dans ses tissus seulement 1/4 de l'acide phosphorique et 1/2 de la potasse qui furent trouvés dans une plante de même espèce et de même poids cultivée en pleine terre. Bien plus, une graine issue de quatre générations dans l'eau sans silice, semée dans un peu de terre végétale abondamment arrosée, a pu donner une plante très vigoureuse et fertile, qui, à poids égal, ne contenait pas même 1/6 de la potasse fixée par une plante normale en pleine terre.

Ces faits sont d'accord avec les idées émises depuis longtemps par M. Dehérain à la suite de recherches personnelles, à savoir : que les cendres d'une plante, c'est-à-dire sa minéralisation brute, ne représente pas exactement la somme des facteurs minéraux nécessaires à son évolution, mais généralement une somme supérieure, attendu que des forces purement physiques, telles que la diffusion et l'évaporation agissant continuellement pendant la vie de la plante, amènent et accumulent dans ses tissus, bien au delà souvent de ce qui est mis en œuvre par d'autres forces plus intimes, encore mal déterminées par un mot vague : l'assimilation, et qui président à la génération des nouveaux organes élémentaires.

Jusqu'à un certain point, on pourrait comparer ce qui se produit naturellement dans la plante à ce qui arriverait à un chimiste, qui, pour obtenir un sel, verserait sans mesurer une certaine quantité d'acide dans une quantité indéterminée de base. A coup sûr,

il produirait une réaction et mettrait en jeu les affinités nécessaires à la production d'une certaine quantité de sel, mais en dehors du sel formé, il existerait très probablement un excédent de base ou d'acide qui n'aurait eu que peu ou point d'influence sur la production du sel, et que, par conséquent, on aurait tort de compter comme un élément essentiel de la réaction opérée.

Les cendres des plantes, pour la plupart, contiennent de ces *excédents* qui représentent une réserve souvent inutilisée parmi les éléments de même espèce qui ont concouru réellement au développement de la plante. Leur présence, presque constante mais variable dans la proportion, a rendu fort difficile jusqu'ici la recherche de *l'équivalent* physiologique ou même simplement de l'existence d'un équivalent physiologique pour chaque élément minéral reconnu indispensable à la manifestation de la vie.

Dans mes études de culture dans l'eau, continuées depuis plus de quinze ans, j'ai cherché souvent à déterminer la minéralisation minima d'une espèce de plante, c'est-à-dire à constituer des milieux qui ne livraient à cette plante les éléments nécessaires qu'au fur et à mesure de son développement, de façon à éviter les accumulations et réserves que favorise un milieu trop riche ou mal composé. Les résultats que j'ai obtenus jusqu'ici ne sont pas encore assez précis pour me paraître devoir être publiés.

Ce mémoire était déjà imprimé, lorsque j'apprends que M. Ohnet a publié dans un précédent volume de ces *Annales* une note sur la culture de l'avoine dans des dissolutions privées de silice. Dans l'impossibilité de prendre à temps connaissance de ce travail je ne puis que constater ici les droits de priorité ou autres que peut avoir l'auteur sur le sujet.

---

# RECHERCHES DE L'AZOTE DANS QUELQUES-UNS DES CHAMPS D'EXPÉRIENCES DE ROTHAMSTED

## CONSÉQUENCES QU'ON EN PEUT TIRER RELATIVEMENT A L'ORIGINE DE L'AZOTE DE NOS RÉCOLTES

PAR

**Sir J. LAWES**

F. R. S. Membre correspondant de l'Institut de France

et

**Dr J. GILBERT**

F. R. S. Membre correspondant de l'Institut de France.

**Lu à la section de chimie au meeting de l'Association américaine pour l'avancement des sciences tenu à Montréal en août 1882.**

### INTRODUCTION

Il y a juste un siècle que la question de l'origine de l'azote des végétaux commença à être soumise à des recherches expérimentales et à devenir l'objet de nombreuses discussions. Il y a un demi-siècle que Boussingault fut conduit à rechercher les sources de l'azote périodiquement soustrait par la végétation à une surface déterminée. Peu de temps après, les expériences de Rothamsted, actuellement dans leur quarantième année, furent commencées, et elles ont fourni un grand nombre de faits relatifs au même sujet. Dès les premières recherches de Boussingault s'ouvrirent les discussions qui durent encore.

Quant à nous, nous n'hésitons pas à considérer les quantités d'azote combiné fournies par les météores aqueux, comme absolument insuffisantes pour compenser les pertes qu'occasionnent au sol les exigences des végétaux. Les autres apports atmosphériques possibles d'azote combiné sont encore insuffisants. En outre, la question de l'absorption de l'azote libre par les plantes a été l'objet de laborieuses recherches, et aussi d'une discussion critique à Rothamsted. Enfin, on a recherché si nos récoltes pouvaient puiser aux réserves d'azote combiné du sol lui-même.

L'auteur rappelle que, tandis que quelques écrivains distingués

supposant que certaines plantes sont capables d'absorber l'azote atmosphérique, à Rothamsted on est d'une opinion contraire et on croit que l'origine de l'azote des végétaux doit être cherchée dans le sol lui-même, et les expériences éxécutées à Rothamsted était, par leur variété et leur longue durée, capables d'apporter de nouvelles lumières sur cette question délicate, il a l'intention dans cette conférence d'en résumer les points principaux.

### PROPORTION D'AZOTE DANS DIFFÉRENTES RÉCOLTES

Le tableau suivant renferme la proportion d'azote contenue dans les diverses récoltes obtenues à Rothamsted jusqu'en 1875; les conditions météorologiques qui caractérisent les dernières années ont été tellement mauvaises, qu'il a paru sage de ne pas tenir compte des nombres obtenus.

#### Azote dans le blé et dans l'orge.

Les premières séries des résultats signalent les proportions d'azote contenues dans le blé cultivé pendant trente-deux ans de suite sur la même terre sans engrais. On voit que, pendant les huit premières années, la proportion fut de $28^k,2$ par hectare et par an; pendant les douze années suivantes, cette proportion tomba à $25^k,8$, et elle ne fut plus que $17^k,6$ pendant les douze années qui vinrent après. Ainsi, il y a eu une réduction considérable dans la moyenne de l'azote contenu dans les récoltes de chaque période, et, pendant les douze dernières années la quantité n'est même plus les deux tiers de ce qu'elle était pendant les huit premières années.

Si on laisse de côté ces huit ans, la moyenne annuelle de l'azote pendant les vingt-quatre années suivantes est de $22^k,4$ et le tableau montre que, pendant la même période, l'orge renfermait $20^k,5$ d'azote, tandis que la diminution de la première période de douze ans à la seconde, fut de $8^k,7$ pourle blé, elle fut de $9^k,3$ pour l'orge, ou presque égale.

On ne saurait dire que cette diminution ne peut pas être attribuée à la réduction graduelle de l'azote assimilable de la terre arable, et l'attribuer à un épuisement des matières minérales car on a obtenu des résultats semblables, quand on a fait usage d'engrais minéraux; dans ce dernier cas, la diminution pendant la seconde période est $11^k,3$ pour le blé et de $9^k,1$ pour l'orge.

L'accord de ces résultats obtenus sur deux champs différents démontre que la plus haute dose d'azote constatée pendant la pre-

TABLEAU I. — PROPORTION D'AZOTE PAR HECTARE ET PAR AN, DANS DIFFÉRENTES RÉCOLTES OBTENUES A ROTHAMSTED, SANS ENGRAIS AZOTÉ.

| RÉCOLTES. | ENGRAIS. | | DURÉE DE L'EXPÉRIENCE. | MOYENNE DE L'AZOTE par hectare et par an. |
|---|---|---|---|---|
| | | | | kil. |
| Blé | Sans engrais | | 8 ans 1844-51 | 28.2 |
| | | | 12 — 1852-63 | 25.3 |
| | | | 12 — 1864-75 | 17.6 |
| | | | 24 — 1852-75 | 21.6 |
| | | | 32 — 1844-75 | 23.2 |
| | Engrais minéral complet | | 12 — 1852-63 | 30.2 |
| | | | 12 — 1864-75 | 19.2 |
| | | | 24 — 1852-75 | 24.7 |
| Orge | Sans engrais | | 12 — 1852-63 | 24.6 |
| | | | 12 — 1864-75 | 15.3 |
| | | | 24 — 1852-75 | 20.5 |
| | Engrais minéral | | 12 — 1852-63 | 29.1 |
| | | | 12 — 1864-75 | 21.0 |
| | | | 24 — 1852-75 | 25.0 |
| Racines | Engrais minéral. | Navets | 8 — 1845-52 | 47.0 |
| | | Orge | 3 — 1853-55 | 27.1 |
| | | Navets | 15 — 1856-70[1] | 20.7 |
| | | Betteraves | 5 — 1871-75 | 14.7 |
| | | Mangolts | 5 — 1876-80 | 17.4 |
| | | Total | 36 — 1845-80 | 28.2 |
| Pois | Sans engrais | | 12 — 1847-58 | 53.8 |
| | | | 12 — 1859-70[2] | 16.3 |
| | | | 24 — 1847-70 | 35.0 |
| | Engrais minéral | | 12 — 1847-58 | 68.9 |
| | | | 12 — 1859-70[2] | 33.0 |
| | | | 24 — 1847-70 | 50.9 |
| Trèfle | Sans engrais | | 22 — 1849-70[3] | 34.1 |
| | Engrais minéral | | 22 — 1849-70[3] | 44.5 |
| Orge | Sans engrais | | 1 — 1873 | 41.7 |
| Trèfle | | | 1 — 1873 | 169.4 |
| Orge | Sans engrais | Après orge | 1 — 1874 | 43.8 |
| | | Après trèfle | 1 — 1874 | 77.7 |
| | L'orge après le trèfle renferme en excès sur l'orge après l'orge | | | 33.9 |
| Assolement. 7 rotations. | 1. Navets 2. Orge 3. Trèfle ou pois 4. Blé | Sans engrais | 28 — 1848-75 | 41.2 |
| | | Avec superphosphate | 28 — 1847-75 | 50.6 |

mière période est due à une assimilation plus complète de l'azote du sol et non à une absorption plus énergique d'azote empruntée à l'atmosphère.

1. Douze récoltes, deux ont manqué.
2. Pois neuf ans, une année en blé, deux en jachère.
3. Six ans en trèfle, une année en blé, trois ans en orge, douze ans en jachère.

**L'azote dans les racines.**

Ces résultats portent sur des plantes appartenant à des familles différentes des précédentes, les navets étant des crucifères, tandis que les betteraves et les mangolts sont des chénopodées. Le tableau donne les résultats de vingt-six cultures continues de 1865 à 1880. Mais il faut remarquer que, durant trois de ces années, l'orge fut interposé sans aucun engrais, et que deux des récoltes manquèrent : il est à remarquer en outre que, sans engrais d'aucune espèce, les racines, après peu d'années, ne donnent plus aucuns produits, et qu'ainsi les résultats inscrits au tableau ont été obtenus par l'emploi d'engrais minéraux, mais sans aucune addition d'azote.

Les agronomes qui maintiennent que l'atmosphère est une importante source d'azote pour nos récoltes affirment que, si on donne à la plante une petite quantité d'engrais azoté au commencement, on assure son développement et elle devient capable de prendre le surplus de son azote dans l'atmosphère. Cette opinion peut être combattue par les résultats suivants qui sont la moyenne de cultures continues pendant cinq années :

TABLEAU II.

*Produit moyen de mangolt pendant cinq ans.* 1876-1880

| Engrais distribué. | Racines. | Feuilles. |
|---|---|---|
| 1. Superphosphate de chaux et de sulfate de potasse... | 10.040 | 2510 |
| 2. Comme 1 et 40 kilos sels ammoniacaux, $8^k,6$ d'azote. | 15.060 | 3260 |
| 3. Comme 1 et 448 kilos sels ammoniacaux, $96^k,3$ d'azote | 35.140 | 7020 |

Ainsi l'application annuelle de $8^k,6$ d'azote, sous forme de sels ammoniacaux, a accru la récolte seulement de 5000 kilos par hectare et par an ; et l'accroissement de l'azote dans la récolte est moindre que celle qui a été donnée comme engrais. Une application de 96 kilos à l'hectare a, au contraire, déterminé une augmentation de récolte de 25000 kilos. Il résulte de ces faits qu'une faible application d'azote ne rend pas la plante susceptible d'absorber l'azote atmosphérique et que c'est seulement un emploi direct d'engrais azoté qui détermine l'augmentation de la récolte.

**Moyenne de l'azote dans les récoltes de légumineuses.**

Nous arrivons maintenant à l'étude de la moyenne de l'azote dans les légumineuses, quand elles sont cultivées séparément d'une

façon continue sur le même sol. Les plantes de cette famille sont considérées comme puisant exclusivement leur azote dans l'atmosphère.

Le tableau I montre que sans engrais les pois ont contenu, pendant les douze premières années, 53k,8 d'azote à l'hectare et seulement 16k,3 pendant la période suivante de douze ans. Pendant la première période, la moyenne fut environ double de celle qu'on a constatée pour le blé ou l'orge et même supérieure à la moyenne de l'azote des racines. Mais cette forte quantité d'azote, dans les légumineuses, est suivie d'une proportion très faible, pendant la seconde période, la moyenne n'étant plus que le tiers du chiffre précédent et égale à celle qu'ont fournie les récoltes de blé et d'orge pendant le même temps. Pendant la période entière de vingt-quatre ans, la moyenne de l'azote est cependant supérieure dans les pois à ce qu'elle était dans le blé ou dans l'orge.

Nous avons vu que, dans le cas des récoltes de céréales, l'addition des engrais minéraux n'a que très médiocrement augmenté la moyenne de l'azote; il n'en est plus ainsi pour les légumineuses. Pendant les douze premières années, l'addition de l'engrais minéral contenant une forte proportion de potasse a porté la teneur en azote à 68k,9 tandis que, sans engrais, la récolte n'en renfermait que 59k,8. Pendant la seconde période l'azote est monté à 33 kilos contre 16k,9 sans engrais. Enfin pendant les vingt-quatre ans d'expérience, nous avons 50k,9 d'azote contre 35 kilos quand la culture a eu lieu sans engrais; quantité double environ de celle que contenaient les récoltes de blé ou d'orge qui avaient reçu les engrais minéraux.

Quoique les pois aient tiré d'une surface donnée une quantité d'azote beaucoup plus forte que les graminées et plus que les racines, il est à remarquer que cette plante, qu'on suppose puiser exclusivement son azote dans l'atmosphère, ne renferme plus après quelques années que de très faibles quantités d'azote, même lorsqu'on lui a fourni une ample provision d'engrais minéral riche en potasse, ce qui est difficile à expliquer avec l'hypothèse que l'azote a été pris dans l'atmosphère et non dans le sol.

D'autres résultats du tableau I se rapportent au trèfle rouge et la durée des expériences est de vingt-deux ans. Il est bien connu que, sur beaucoup de sols, une bonne récolte de trèfle ne peut être obtenue que tous les huit ans et quelquefois moins souvent;

on ne sera donc pas étonné que, dans l'espace de vingt-deux ans d'expériences, on ait obtenu seulement six récoltes de trèfle et que quelques-unes fussent très faibles. En effet, les plantes disparurent neuf ou dix fois pendant l'hiver ou le printemps succédant aux semailles. Une fois du blé et trois fois de l'orge furent semés; en outre, pendant les douze années restantes, la terre fut laissée en jachère après le manque du trèfle; quoi qu'il en soit, la moyenne d'azote du trèfle fut de 24$^{k}$,5 sans engrais et de 44$^{k}$,8 quand on donna l'engrais minéral. Bien qu'au point de vue pratique ce résultat soit peu favorable, on en peut déduire cependant que l'introduction d'une récolte de légumineuses a grandement élevé la proportion d'azote, quand on la compare à celle du blé ou de l'orge cultivés sans interruption, et il est à remarquer que, comme pour les pois, un engrais riche en potasse a considérablement augmenté la moyenne.

L'expérience suivante démontre très complètement qu'une forte proportion d'azote peut être contenue dans une récolte de trèfle, et donne une nouvelle preuve de ce fait agricole bien connu que cette récolte de légumineuses très chargées d'azote est cependant une des meilleures préparations possibles à une culture de céréales qui demande expressément une fumure azotée. Un champ, qui avait porté six récoltes successives de grain, avec des engrais artificiels seulement, fut divisé par moitié en 1873; une d'elle reçut du trèfle, l'autre de l'orge. La récolte d'orge renfermait 41$^{k}$,7 d'azote et celle de trèfle 169$^{k}$,4. L'année suivante, 1874, de l'orge fut semée sur les deux portions du champ. A l'endroit où l'orge avait primitivement été placée, la récolte nouvelle contenait 43$^{k}$,8 d'azote; elle en renfermait 77$^{k}$,7 quand elle succéda au trèfle, ou 33$^{k}$,9 de plus après que le sol avait déjà fourni 169 kilos d'azote au trèfle précédent. On verra plus loin que ce résultat n'est en aucune façon accidentel.

### Moyenne de l'azote dans un assolement.

Les derniers résultats insérés au tableau donnent la moyenne de l'azote dans l'assolement quadriennal habituel comprenant des navets, de l'orge, du trèfle ou des pois et du blé. La moyenne par an est donnée pour sept rotations ou pour une période de vingt-huit ans: dans un cas sans aucun engrais durant tout cet espace

de temps, et dans l'autre avec du superphosphate de chaux seulement, appliqué une fois tous les quatre ans sur les navets qui commencent chaque rotation.

Là, avec une récolte de navets et une légumineuse intercalées entre les deux céréales, nous aurons, sans engrais d'aucune sorte, une moyenne de 41$^{k}$,2 d'azote par hectare et par an, ou beaucoup plus qu'il n'a été obtenu dans aucune des cultures continues de céréales. Avec du superphosphate de chaux seulement, qui accroît beaucoup la moyenne de l'azote des navets, réduit celle de l'orge qui suit, accroît considérablement la récolte des légumineuses et légèrement le blé, la moyenne annuelle est de 50k,6; elle devient par suite le double de celle qu'on trouve dans les cultures continues de céréales. On doit remarquer en outre que si on compare à ces résultats ceux dans lesquels on a substitué à une culture de légumineuse une jachère à la troisième année de chaque rotation, la moyenne annuelle de l'azote des récoltes est devenue beaucoup moindre. En d'autres termes, quand on a fait succéder à la récolte la plus riche en azote de l'assolement, trèfle ou orge, une culture de blé, il a assimilé une quantité d'azote au moins aussi grande que lorsqu'il a suivi une jachère, période pendant laquelle les apports dus à la pluie, ne sont diminués par aucun prélèvement de récoltes.

### Moyenne de l'azote dans les prairies naturelles.

Un autre exemple des quantités d'azote, prélevées sur une surface donnée par différentes espèces de récoltes, sera fourni par le tableau III, dans lequel se trouvent réunis les résultats obtenus quand des graminées, des légumineuses et des plantes d'autre famille, se développent ensemble dans une prairie.

Avant de discuter ce tableau, il est bon de remarquer ce fait que les graminées cultivées séparément sur une terre arable, comme le blé, l'orge ou l'avoine, contiennent une proportion relativement faible d'azote et n'empruntent au sol que peu d'azote. Cependant les engrais azotés ont généralement un effet très marqué sur l'accroissement de la récolte. Les cultures des légumineuses, au contraire, telles que les pois et le trèfle, réclament, ainsi qu'il a été dit, beaucoup plus d'azote d'une surface donnée, et cependant ne bénéficient que très peu de l'emploi des engrais azotés; mais leur croissance est puissamment activée et leur moyenne en azote considérable-

ment accrue sous l'influence des engrais minéraux et particulièrement des engrais de potasse. Ces notions étant rappelées, les résultats du tableau III paraîtront intéressants.

TABLEAU III. — MOYENNE DE L'AZOTE DANS LES PRAIRIES DE ROTHAMSTED.

| PARCELLES. | ENGRAIS. | PRODUIT MOYEN PAR HECTARE ET PAR AN, PENDANT 20 ANS, 1856-1875, CALCULÉ D'APRÈS LES MOYENNES CONSTATÉES EN 1862-67-71-72-74 et 75. | | | AZOTE MOYEN PAR HECTARE ET PAR AN. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | graminées. | légumineuses. | autres espèces. | 10 ANS 1856-65. | 10 ANS 1866-75. | 20 ANS 1856-75. |
| | | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
| 3 | Sans engrais........ | 1831 | 245 | 592 | 39.3 | 34.6 | 36.9 |
| 4-1 | Superphosphate [1]..... | 1871 | 167 | 753 | 40.0 | 35.2 | 37.6 |
| 8 | Engrais minéral [2]..... | 2735 | 330 | 715 | 60.9 | 42.6 | 51.7 |
| 7 | — — [3]..... | 2888 | 902 | 641 | 61.8 | 62.7 | 62.2 |

Les trois premières colonnes indiquent approximativement comment les espèces de la prairie furent modifiées sous l'influence des quatre conditions différentes dans lesquelles elles se sont développées. Sans engrais ou sous l'influence du superphosphate de chaux seulement, la proportion et la composition de l'herbage ne sont pas sensiblement modifiées. La parcelle **8**, avec un engrais minéral, renfermant de la potasse, pendant les six premières années, mais sans cet alcali durant les quatorze dernières années, présente un accroissement considérable de graminées et de légumineuses, tandis que la parcelle **7**, avec un engrais minéral complet, comprenant chaque année pendant les vingt ans d'expériences une forte dose de potasse, donna surtout un accroissement considérable de légumineuses.

On observera que la décroissance pendant les dix années, est médiocre pour les parcelles **3** et **4-1**, mais au contraire sensible pour la parcelle **8** où la potasse a fait défaut; sur la parcelle **7**, au

1. Moyenne de quatre opérations seulement, 1862-67-72-75.
2. Renfermant de la potasse, six ans, 1856-61; sans potasse, quatorze ans, 1862-75.
3. Renfermant de la potasse, vingt ans, 1856-75.

contraire, on trouve une légère tendance à l'accroissement pendant les dernières années.

**Moyenne de l'azote dans le Melilotus Leucantha.**

Un des exemples les plus frappants d'une forte dose d'azote contenu dans une plante de la famille des légumineuses, sur un sol qui, depuis trente ans, n'avait pas reçu d'engrais azoté, est fourni par le Melilotus. En 1878, la terre sur laquelle avaient été fait les essais de culture continue du trèfle rouge depuis 1849, fut consacrée à essayer quatorze espèces de légumineuses; actuellement, en 1882, l'expérience en est donc à sa cinquième année. Le but des essais était de chercher, parmi les plantes appartenant toutes à la famille des légumineuses, mais différentes par les habitudes de culture, par l'accroissement des racines, celles qui seraient capables de vivre pendant le temps le plus long et de fournir un produit abondant, renfermant une forte proportion d'azote, les engrais distribués étant de même matière et en même quantité. On pouvait ainsi avoir quelque espoir que la réussite de certaines plantes, le manque des autres, fourniraient quelques indications nouvelles sur l'origine de l'azote des légumineuses et notamment sur les causes de la non réussite du trèfle rouge en particulier, quand il revient trop fréquemment sur le même sol. Quatorze espèces de plantes différentes furent choisies et après plusieurs essais, la liste actuellement comprend huit espèces ou variétés de *Trifolium*, deux de *Medicago*, *Melilotus leucantha*, *Lotus corniculatus*, *Vicia sativa* et *Onobrychis sativa*.

Toutes ces espèces ou variétés de *Trifolium* donnent de faibles produits excepté le *T. incarnatum*. Le *Lotus corniculatus* aussi donne de très faibles produits. Les deux espèces de *Medicago*, le Medick noir, et le pourpre ou Luzerne et l'Onobrychis ou Sainfoin commun donnent beaucoup plus; le *Vicia sativa* ou vesce, encore plus. Mais de tous, le *Melilotus leucantha* ou trèfle de Bokhara a fourni les meilleurs résultats. On estime, qu'en prenant la moyenne des quatre ans 1878-81, il donne environ 78$^k$,4 d'azote par hectare et par an, sur une parcelle qui n'a pas reçu d'engrais azoté depuis plus de trente ans; enfin le produit de la cinquième saison est plus fort que celui des années précédentes et ne doit pas renfermer moins de 168 kilos d'azote. En fait, dans la seconde aussi

bien que dans la cinquième année, le melilotus contint beaucoup plus de 112 kilos d'azote par hectare, et en moyenne, pendant ces cinq ans, il a tiré entre 89 et 100 kilos d'azote par hectare de ce sol épuisé.

Il sera intéressant de savoir combien durera cette culture luxuriante renfermant cette haute dose d'azote, car on sait que, sur tous les points de l'Europe où l'on cultive les légumineuses vivaces, on ne peut les faire revenir avant vingt ans ou plus.

**Résumé des quantités d'azote contenues dans les récoltes.**

On peut résumer comme suit les résultats obtenus par l'analyse des récoltes obtenues sous l'influence de sols qui n'ont pas reçu d'engrais azotés.

La teneur moyenne en azote, par hectare et par an, fut pour le blé, pour trente-deux ans de culture de 23$^k$,2 sans engrais, et pendant vingt-quatre ans de 24$^k$,7 sous l'influence des engrais minéraux; pour l'orge la moyenne pour vingt quatre ans sans engrais est de 20$^k$,5 et de 25 kilos avec les engrais minéraux; pour les racines, pendant trente-six ans dont trois ans d'orge, 28$^k$,2; pour les pois, vingt-quatre ans sans engrais ont donné en moyenne une récolte renfermant 35 kilos d'azote et 50$^k$,9 avec des engrais minéraux; avec du trèfle, six récoltes en vingt-deux ans, avec une récolte de blé, trois d'orge et douze ans de jachère sans engrais, on a obtenu 34$^k$,1 d'azote, et 44$^k$,5, quand on a fait usage d'engrais minéraux; le trèfle a fourni en un an, sur une terre qui n'avait pas porté cette culture pendant plusieurs années 169$^k$,4 d'azote. Par un assolement régulier, comprenant sept rotations complètes, c'est-à-dire vingt-huit ans, on a eu sans engrais 41$^k$,2 d'azote et 50$^k$,6 avec des engrais minéraux. Dans une prairie, la moyenne de vingt ans sans engrais est de 36$^k$,9 et 37$^k$,7 quand les plantes ont reçu du phosphate de chaux seul, et de 62$^k$,2, quand l'engrais minéral était riche en potasse. Enfin le trèfle de Bokhara, cultivé pendant cinq ans avec des engrais minéraux, a fourni environ 100 kilos d'azote par hectare et par an.

Les racines renferment donc plus d'azote que les céréales, et les légumineuses encore plus que les racines.

Dans toutes ces expériences, exécutées sur une terre arable ordi-

naire, les céréales, les racines, les légumineuses ou les plantes d'un assolement régulier (excepté le trèfle de Bokhara) sans engrais ont accusé une diminution considérable dans leur teneur en azote.

### SOURCES DE L'AZOTE DES RÉCOLTES.

L'auteur reprend ici la détermination de l'ammoniaque, de l'acide azotique contenus dans les pluies recueillies à Rothamsted; les chiffres qu'il fournit ont été donnés déjà dans une traduction précédente [1], et nous y renvoyons le lecteur.

#### Autres sources supposées d'azote combiné.

Naguère, il a été dit que, dans les dernières phases de la décomposition de la matière organique dans le sol, de l'hydrogène est dégagé et que cet hydrogène naissant se combine à l'azote libre pour former de l'ammoniaque.

On a encore suggéré que de l'ozone peut provenir de l'oxydation de la matière organique et se combiner à de l'azote pour former de l'acide azotique. Nous avons discuté ces propositions et nous avons trouvé que les quantités ainsi formées sont tout à fait insuffisantes pour expliquer les faits établis par nos cultures.

L'auteur, après avoir reconnu que l'ammoniaque atmosphérique ne peut exercer qu'une influence insignifiante sur le développement des récoltes, aborde la question de l'assimilation de l'azote libre par les végétaux.

#### Les plantes absorbent-elles l'azote libre ?

La question qu'il nous reste encore à discuter : si les plantes peuvent absorber l'azote libre de l'atmosphère et si quelques espèces présentent particulièrement cette propriété, offre cet intérêt particulier que, si elle était résolue positivement, elle ferait disparaître tous nos embarras.

Le sujet a donné naissance à de nombreuses recherches expérimentales que nous croyons devoir résumer brièvement.

1. *Annales agronomiques*, tomes VII et VIII.

TABLEAU VI. — RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES DE M. G. VILLE POUR DÉTERMINER SI LES PLANTES ASSIMILENT L'AZOTE LIBRE.

| ESPÈCES EN EXPÉRIENCES. | AZOTE EN GRAMMES[1] DANS LES GRAINES DANS L'AIR ET DANS LES ENGRAIS. | DANS LES PRODUITS. | GAIN OU PERTE. | AZOTE DANS LES PRODUITS POUR 1 D'AZOTE FOURNI |
|---|---|---|---|---|
| 1850. *Courant d'air non purifié renfermant* 0gr,10 *azote sous forme d'ammoniaque.* | | | | |
| Cresson | 0.0260 | 0.1470 | 0.1210 | 5.6 |
| Grands lupins | 0.0610 | 0.0610 | 0.0000 | 1.0 |
| Petits lupins | 0.0640 | 0.0470 | 0.0170 | 0.7 |
| | 0.1550 | 0.2580 | 0.1030 | 1.7 |
| 1850. *Courant d'air non purifié apportant* 0gr,0017 *d'azote sous forme d'ammoniaque*[1]. | | | | |
| Plants de colza | 0.0260 | 1.0700 | 1.0440 | 41.1 |
| Blé | 0.0160 | 0.0310 | 0.0150 | 1.9 |
| Riz | 0.0130 | 0.0370 | 0.0240 | 2.8 |
| Maïs | 0.0290 | 0.1280 | 0.0990 | 4.4 |
| | 0.0857 | 1.2660 | 1.1803 | 14.8 |
| 1851. *Courant d'air pur*[1]. | | | | |
| Soleil | 0.0050 | 0.1570 | 0.1520 | 31.4 |
| Tabac | 0.0040 | 0.1750 | 0.1710 | 43.7 |
| Tabac | 0.0040 | 0.1620 | 0.1580 | 40 5 |
| 1852. *Courant d'air pur*[1]. | | | | |
| Colza d'automne | 0.0480 | 0.2260 | 0.1780 | 4.7 |
| Blé de printemps | 0.0290 | 0.0650 | 0.0360 | 2.2 |
| Soleil | 0.0160 | 0.4080 | 0.3920 | 25.5 |
| Colza d'été | 0.1730 | 0.5950 | 0.4220 | 3.4 |
| Colza d'été | 0.1050 | 0.7010 | 0.5960 | 6.7 |
| 1854. *Courant d'air pur, sous la surveillance d'une commission.* | | | | |
| Cresson | 0.0099 | 0.0097 | — 0.0002 | 1.0 |
| — | 0.0038 | 0.0530 | 0.0492 | 13.9 |
| — | 0.0039 | 0.0110 | 0.0071 | 2.8 |
| 1854. *Courant d'air purifié, sous la surveillance d'une commission*[2]. | | | | |
| Cresson | 0.0063 | 0.0350 | 0.0287 | 5.6 |
| 1865 *et* 1856. *Dans l'air pur avec* 0,5 *de salpêtre renfermant* 0,138 *azote*[3]. | | | | |
| Colza | 0.0700 | 0.0700[4] | 0.0000 | 1.0 |
| — | 0.0700 | 0.0660[4] | — 0.0040 | 0.9 |
| — | 0.0700 | 0.0680[4] | — 0.0020 | 1.0 |
| 1855 *et* 1856. *A l'air libre avec* 1 *gramme salpêtre renfermant* 0,138 *azote*[1]. | | | | |
| Colza | 0.1400 | 0.1970[4] | 0.0570 | 1.41 |
| — | 0.1400 | 0.3740[4] | 0.2340 | 2.67 |
| — | 0.1400 | 0.2160[4] | 0.0760 | 1.54 |
| — | 0.1400 | 0.2500[4] | 0.1100 | 1.79 |
| 1856. *A l'air libre avec* 0,790 *salpêtre renfermant* 0,110 *azote.* | | | | |
| Blé | 0.1260 | 0.2180[4] | 0.0920 | 1.7 |
| Blé | 0.1260 | 0.2240[4] | 0.0980 | 1.8 |
| 1855. *A l'air libre avec* 1,72 *salpêtre renfermant* 0,238 *azote.* | | | | |
| Blé | 0.2590 | 0.3080[4] | 0.0490 | 1.2 |
| 1856. *A l'air libre avec* 1.765 *de salpêtre renfermant* 0.244 *azote.* | | | | |
| Blé | 0.2650 | 0.2170[4] | — 0.0480 | 0.8 |
| Blé | 0.2650 | 0.3500[4] | + 0.0850 | 1.3 |

1. *Recherches expérimentales sur la végétation*, par M. G. Ville, Paris, 1853. — 2. *Comptes rendus* 1855. — 3. *Recherches expérimentales sur la végétation*, 1857. — 4. Dans les plantes seulement.

Ces résultats, ainsi que les autres sur le même sujet, ont déjà été longuement discutés (*Philos. Trans.*, 1859 et *Journ. Chim. Soc.*, vol. XVI, 1863) et nous pouvons les résumer brièvement.

La colonne : gain ou perte montre dans un cas, avec du colza, un gain de plus de un gramme d'azote et la quantité d'azote dans les produits est plus de quarante et une fois supérieure à celle qui se trouvait dans la graine et dans l'air. Les résultats obtenus avec le blé, le riz ou le maïs ne donnent que des gains beaucoup moindres. Les expériences avec le *soleil* montrent dans un cas trente fois et avec le tabac dans deux cas plus de quarante fois autant d'azote dans les produits qu'il n'en a été fourni. Il faut remarquer cependant que dans l'ensemble des dernières expériences de M. G. Ville, les gains sont beaucoup moindres que dans ses premiers essais.

M. G. Ville, dans quelques cas, attribuait le gain à la grande surface des feuilles. Dans l'explication de l'assimilation de l'azote libre par les plantes, il appelle l'attention sur le fait que l'hydrogène naissant, est, dit-on, capable de former de l'ammoniaque et l'oxygène naissant de l'acide azotique avec de l'azote libre, et il ajoute : Pourquoi l'azote dissous dans la sève ne se combinerait-il pas avec l'oxygène et le carbone naissant dans les feuilles? Il rappelle l'hypothèse de M. de Luca, que l'azote de l'air se combine avec l'oxygène naissant dégagé par les feuilles des plantes et ce fait que le jus de certains champignons est susceptible d'ozoniser l'oxygène ; il ajoute enfin : n'est-il pas probable que l'azote dissous dans la sève subira l'action de l'oxygène azoté avec lequel il est mêlé, quand on réfléchit que la sève contient des alcalis, et est contenue dans des tissus dont la porosité surpassse celle de la mousse de platine?

Dans le tableau suivant, nous résumons les résultats de M. Boussingault. Les expériences sur ce sujet ont commencé en 1837 et ont été continuées à divers intervalles jusqu'en 1858. Les conditions de chaque série d'expériences, telles que sols, air ou applications d'engrais, sont données dans les tableaux.

Les deux dernières colonnes du tableau VII donnent les gains, ou les pertes réelles ou proportionnelles d'azote observés dans les expériences de M. Boussingault. On remarqua que, dans ses premiers essais, ceux qui ont été exécutés à l'air libre dans une serre, les légumineuses, trèfles et pois indiquent un gain notable d'azote; mais que, dans toutes les expériences suivantes, on trouva une perte sensible, ou, quand il y eut gain, il fut représenté par des

TABLEAU VII. — RÉSULTAT DES EXPÉRIENCES DE M. BOUSSINGAULT POUR DÉTERMINER SI LES PLANTES ASSIMILENT L'AZOTE LIBRE DE L'ATMOSPHÈRE.

| ESPÈCES EN EXPÉRIENCES. | AZOTE EN GRAMMES | | | AZOTE DANS LES PRODUITS P. 100 INTRODUIT |
|---|---|---|---|---|
| | DANS LES GRAINES LES PLANTES OU LES ENGRAIS. | DANS LES PRODUITS. | GAIN OU PERTE. | |
| 1838. *Sol calciné, eau distillée, air pur dans une serre fermée*[1]. | | | | |
| Trèfle | 0.1100 | 0.1200 | + 0.0100 | 1.09 |
| Trèfle | 0.1140 | 0.1560 | + 0.0420 | 1.35 |
| Blé | 0.0430 | 0.400 | — 0.0030 | 0.93 |
| Blé | 0.0570 | 0.0600 | + 0.0030 | 1.05 |
| 1838. *Mêmes conditions qu'en 1838*[1]. | | | | |
| Pois | 0.0460 | 0.1010 | + 0.0550 | 2.20 |
| Trèfle (plants) | 0.0330 | 0.0560 | + 0.0230 | 1.70 |
| Avoine | 0.0590 | 0.0530 | — 0.0030 | 0.90 |
| 1851 *et* 1852. *Pierre ponce lavée et calcinée avec des cendres, de l'eau distillée, atmosphère limitée, sous abri vitré avec acide carbonique.* | | | | |
| Haricot 1851 | 0.0349 | 0.0340 | — 0.0009 | 0.97 |
| Avoine 1851 | 0.0078 | 0.0067 | — 0.0011 | 0.86 |
| Haricot 1852 | 0.0210 | 0.0189 | — 0.0021 | 0.90 |
| Haricot 1852 | 0.0245 | 0.0226 | — 0.0019 | 0.92 |
| Avoine 1852 | 0.0031 | 0.0030 | — 0.0001 | 0.97 |
| 1853. *Pierre ponce préparée ou brique calcinée, avec cendres, eau distillée, atmosphère limitée sous une cloche de verre avec acide carbonique*[2]. | | | | |
| Lupin blanc | 0.0480 | 0.0483 | + 0.0003 | 1.01 |
| — | 0.1282 | 0.1246 | — 0.0036 | 0.97 |
| — | 0.0349 | 0.0339 | — 0.0010 | 0.97 |
| — | 0.0200 | 0.0204 | + 0.0004 | 1.02 |
| — | 0.0399 | 0.0397 | — 0.0002 | 1.00 |
| Haricot nain | 0.0354 | 0.0360 | + 0.0006 | 1.02 |
| — | 0.0298 | 0.0277 | — 0.0021 | 0.93 |
| Cresson | 0.0013 | 0.0013 | — 0.0000 | 1.00 |
| Lupin blanc | 0.1827 | 0.1697 | — 0.0130 | 0.93 |
| 1856. *Ponce préparée avec cendres, eau distillée, courant d'air purifié, acide carbonique dans une cage de verre*[4]. | | | | |
| Lupin | 0.0196 | 0.0187 | — 0.0009 | 0.95 |
| Haricot nain | 0.0322 | 0.0325 | + 0.0003 | 1.01 |
| — | 0.0335 | 0.0341 | + 0.0006 | 1.02 |
| — | 0.0339 | 0.0329 | — 0.0010 | 0.97 |
| — | 0.0676 | 0.0666 | — 0.0010 | 0.99 |
| Lupin | 0.0180 | 0.0334 | — 0.0334 | 0.94 |
| — | 0.0175 | | | |
| Cresson | 0.0046 | 0.0052 | + 0.0006 | 1.13 |
| 1851, 52, 53, 54. *Sol préparé ou ponce avec cendres, eau distillée, air libre, sous un abri vitré*[5]. | | | | |
| Haricot nain 1851 | 0.0349 | 0.0380 | + 0.0031 | 1.09 |
| Haricot 1852 | 0.0213 | 0.0238 | + 0.0025 | 1.12 |
| Haricot 1853 | 0.0293 | 0.0270 | — 0.0023 | 0.92 |
| Haricot nain 1854 | 0.0318 | 0.0350 | + 0.0032 | 1.10 |
| Lupin blanc 1853 | 0.0214 | 0.0256 | + 0.0042 | 1.20 |
| Lupin 1854 | 0.0199 | 0.0229 | + 0.0030 | 1.15 |
| Avoine 1852 | 0.0367 | 0.0387 | + 0.0020 | 1.05 |
| Blé 1853 | 0.0031 | 0.0041 | + 0.0010 | 1.32 |
| Cresson | 0.0064 | 0.0075 | + 0.0011 | 1.17 |
| | 0.0259 | 0.0272 | + 0.0013 | 1.05 |
| 1858. *Nitrate de potasse comme engrais.* | | | | |
| Helianthus | 0.0144[6] | 0.0130 | — 0.0014 | 0.90 |
| | 0.0255[6] | 0.0245 | — 0.0010 | 0.66 |

1. *Ann. chim. et phys.*, 2e série, LXIX, 1838. — 2. *Ann. chim. et phys.*, 3e série, XLI, 1855. — 3. *Ann. chim. et phys.*, 3e série, XLIV, 1855. — 4. *Ann. chim. et phys.*, 3e série, XLIV, 1855. — 5. *Compt. rend.*, XLVII, 1858. — 6. Azote dans la graine et le nitrate.

fractions ou de faibles unités de milligrammes. Après vingt ans d'essais variés et laborieux sur ce sujet, M. Boussingault arrive à cette conclusion : que les plantes n'ont pas le pouvoir d'assimiler l'azote libre de l'atmosphère, et, dans une lettre que nous avons reçue de lui en 1876, après avoir discuté les différents aspects de cette question, il ajoute :

« S'il y a un fait parfaitement démontré en physiologie, c'est celui de la non assimilation de l'azote libre par les plantes; et je puis ajouter, par les plantes appartenant aux ordres inférieurs, tels que les mycodermes et les champignons. »

Nos propres expériences sur ce sujet furent commencées en 1857, et un jeune chimiste américain, feu le Dr Pugh, du Collège agricole de l'État de Pensylvanie consacra de deux à trois ans à ces recherches exécutées à Rothamsted. Les conditions des expériences et les les résultats obtenus ont été publiés dans les *Mémoires des Philosophical Transactions* pour 1859 et dans le *Journal of the Chemical Society* en 1863; nous avons résumé ces résultats dans le tableau VIII.

La première partie du tableau donne les poids obtenus, quand les plantes ne reçoivent d'autre azote que celui qui était contenu dans les graines. La récolte fut, dans tous les cas, extrêmement faible; et on n'obtint jamais un gain supérieur à 3 milligrammes d'azote. Dans beaucoup de cas, on constata un gain beaucoup plus faible ou même une perte légère.

La seconde partie du tableau donne les résultats obtenus, quand les plantes reçurent des quantités connues d'azote combiné sous forme d'une dissolution de sulfate d'ammoniaque appliquée au sol. Les gains ou les pertes sont un peu plus forts dans ces expériences avec de plus fortes quantités d'azote introduites, mais elles sont toujours représentées par des milligrammes, et les pertes surpassent les gains. En outre, les gains, quand il s'en produisit, sont tous imputables aux graminées, tandis qu'il y eut dans tous les cas des pertes dans les cultures de légumineuses et dans celle du sarrasin.

On remarquera que les cultures des graminées furent meilleures que celles des légumineuses, qui, même en plein champ, sont très sensibles aux variations de chaleur et d'humidité et le deviennent encore davantage, quand elles sont enfermées dans des cages de verre; on en concluera que les résultats négatifs ne sont pas aussi manifestes pour les légumineuses que pour les graminées. Quoiqu'il en soit, nous ne pouvons hésiter à tirer de nos propres essais

les mêmes conséquences que Boussingault avait déduit des siennes, à savoir que l'expérience se prononce nettement contre l'hypothèse

TABLEAU VIII. — RÉSULTAT DES EXPÉRIENCES EXÉCUTÉES A ROTHAMSTED POUR DÉTERMINER SI LES PLANTES ASSIMILENT L'AZOTE LIBRE.

| | | | AZOTE EN GRAMMES | | | AZOTE DANS LES PRODUITS P. 100 INTRODUIT. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | dans la graine et dans l'engrais. | dans les plantes les vases et le sol. | gain ou perte. | |
| | | | *Sans autre azote que celui de la graine.* | | | |
| Graminées | 1857.. | Blé | 0.0080 | 0.0072 | — 0.0008 | 0.90 |
| | | Orge | 0.0056 | 0.0072 | + 0.0016 | 1.11 |
| | | Orge | 0.0056. | 0.0082 | + 0.0026 | 1.46 |
| | 1858.. | Blé | 0.0678 | 0.0081 | + 0.0003 | 1.04 |
| | | Orge | 0.0057 | 0.0058 | + 0.0001 | 1.02 |
| | | Avoine | 0.0063 | 0 0056 | — 0.0007 | 0.89 |
| | 1858.. | Blé | 0.0078 | 0.0078 | — 0.0000 | 1.00 |
| | | Avoine | 0.0064 | 0.0063 | — 0 0001 | 0.98 |
| Légumineuses | 1857.. | Fèves | 0.0796 | 0.0791 | — 0.0005 | 0.99 |
| | 1858.. | Fèves | 0.0750 | 0.0757 | + 0.0007 | 1.01 |
| | | Pois | 0.0188 | 0.0167 | — 0.0021 | 0.89 |
| Autres familles.. | 1858.. | Sarrasin | 0.0200 | 0.0182 | — 0.0018 | 0.91 |
| | | | *Avec azote combiné introduit en excès sur celui de la graine.* | | | |
| Graminées | 1857.. | Blé | 0.0329 | 0.0383 | + 0.0054 | 1.46 |
| | | Blé | 0.0329 | 0.0331 | + 0.0002 | 1.01 |
| | | Orge | 0·0326 | 0.0328 | + 0.0002 | 1.01 |
| | | Orge | 0.0268 | 0.0337 | + 0.0069 | 1.25 |
| | 1858.. | Blé | 0.0548 | 0.0536 | — 0.0012 | 0.98 |
| | | Orge | 0.0496 | 0.0464 | — 0.0032 | 0.94 |
| | | Avoine | 0.0312 | 0.0216 | — 0.0096 | 0.69 |
| | 1858.. | Blé | 0.0268 | 0.0274 | + 0.0006 | 1.02 |
| | | Orge | 0.0257 | 0.0242 | — 0.0015 | 0.94 |
| | | Avoine | 0.0260 | 0.0198 | — 0.0062 | 0.76 |
| Légumineuses | 1858.. | Pois | 0.0227 | 0.0211 | — 0.0016 | 0.93 |
| | | Trèfle | 0.0712 | 0.0665 | — 0.0047 | 0.93 |
| | 1858.. | Fèves | 0.0711 | 0.0655 | — 0.0056 | 0.92 |
| Autres familles.. | 1858.. | Sarrasin | 0.0308 | 0.0292 | — 0.0016 | 0.95 |

que les graminées ou les légumineuses soient susceptibles d'absorber directement l'azote gazeux de l'atmosphère.

### Récapitulation.

Dans le résumé précédent, nous avons donné la quantité d'azote absorbé par des récoltes variées d'une terre déterminée, quand elles se succèdent pendant plusieurs années, et que la culture, ayant lieu sans un engrais azoté, on se trouve dans les conditions les meilleures pour que l'origine de l'azote ne soit pas obscurcie par l'influence des proportions inconnues fournies par l'azote assimilable des engrais.

Il a été reconnu que les quantités d'azote combiné fournies par

les apports des eaux météoriques ne représentent qu'une minime fraction de celles que prennent les récoltes.

Aucune autre hypothèse, absorption d'ammoniaque combinée par les feuilles, combinaison d'azote libre dans le sol, n'est susceptible d'expliquer les quantités prises par les plantes.

Enfin, on a été amené à conclure que l'ensemble des expériences exécutées est décidément contraire à l'idée que les plantes absorbent l'azote libre de l'atmosphère. En réalité, l'argument le plus fort que nous connaissions en faveur de cette opinion est, qu'à défaut de tout autre hypothèse, celle-ci semble s'imposer.

### L'azote du sol, origine de l'azote des récoltes.

Nous arrivons maintenant à cette partie du sujet qui est l'objet principal de ce mémoire, c'est-à-dire la détermination de l'azote dans quelques-uns des champs d'expérience à Rothamsted, qui ont fourni les résultats précédents.

Nous n'avons ni l'espoir ni l'intention de dissimuler les difficultés inhérentes à ce sujet. On reconnaîtra facilement combien le problème est ardu, quand on se rappellera qu'une différence de 0,001 dans la proportion centésimale d'azote dans sol sec représente une différence de 25 à 30 kilos d'azote par hectare pour une couche de 22 centimètres d'épaisseur ; on se rappellera en outre que les terres de Rothamsted, dont nous devons nous occuper, renferment souvent seulement environ 0gr,1 par 100 grammes et rarement atteignent 0gr,14 ou 0gr,15 ; que dans la seconde couche de 22 centimètres la proportion tombe à 0,07 et rarement atteint 0,08, dans la couche suivante nous ne trouvons plus que 0,06 ou 0,07 et encore moins à une profondeur plus considérable.

On comprend, enfin, que, si l'on déduit des nombres trouvés les quantités d'azote du sol, on doit apporter le plus grand soin dans la prise des échantillons.

Malheureusement, les quelques échantillons réunis dans les premières années d'expériences, à Rothamsted, ne l'ont pas été de façon à pouvoir être utilisés pour la recherche actuelle. A partir de 1856, cependant, la méthode adoptée a été la suivante : après avoir bien égalisé le sol, on y enfonce un cadre de fer solide, puis on enlève la terre autour, de façon à pouvoir enlever avec une bèche le cadre de fer et la terre qu'il contient; elle est recueillie et pesée ; le

cadre est ensuite placé immédiatement au-dessous de sa place primitive, et on prend la terre qu'il renferme; on a ainsi un échantillon de la seconde couche; on continue l'opération autant de fois qu'on juge nécessaire.

Pour les sols de la surface, des échantillons sont pris à trois, quatre ou même huit places différentes de la même parcelle. Une portion de chacun de ces échantillons est conservée séparément, une autre sert à faire un mélange. La terre de la surface a souvent été prise avec un cadre de 30 centimètres sur 30, mais fréquemment de 15 sur 15; les sous-sols ont toujours été pris avec les petits cadres. La hauteur du cadre a été généralement de $0^m,225$, mais dans quelques cas elle n'a été que $0^m,075$ et parfois de $0^m,150$. Il est à regretter qu'à l'origine l'épaisseur fixée n'ait pas été celle qu'atteignent les instruments habituellement employés, c'est-à-dire $0^m,15$, mais, l'épaisseur avec laquelle on a commencé ayant été de $0^m,225$, on a dû continuer pour rendre les opérations comparables.

Les sols apportés au laboratoire sont pulvérisés et ensuite desséchés dans une étuve à environ 50°, pour arrêter la nitrification qui pourrait se produire si les sols étaient restés humides. Les pierres sont ensuite enlevées en faisant passer la terre successivement au travers de tamis formés de mailles écartées à 25 millimètres; puis de 12 millimètres, puis de 6 millimètres; tout ce qui passe au travers de ce dernier tamis est nommé *terre*. Une portion de celle-ci est finement pulvérisée et conservée pour l'analyse, et, les poids ayant été notés pour chacune des préparations, la matière est desséchée à 100° et servira aux analyses sous le nom de *terre sèche.* On calcule d'après les chiffres obtenus le poids de terre sèche d'un hectare, et à l'aide de l'analyse on établit l'azote à l'hectare. Malgré les efforts qui ont été faits pour assurer l'uniformité des échantillons, la composition de ceux-ci, pris dans le même champ, à différents moments, varie en raison de la sécheresse ou de l'humidité de la saison, l'état du sol étant modifié par la récolte, les façons et autres circonstances. Les variations sont aussi très fortes d'un champ à l'autre.

### Azote dans les sols des parcelles du champ de blé.

Les premières déterminations d'azote ont été exécutées sur les parcelles du champ de Broadbalk, qui actuellement sont cultivées

en blé depuis trente-neuf ans sans interruption ; la quantité d'azote qu'elles contiennent, quand elles n'ont pas reçu d'engrais azoté, a été donné dans le tableau I. On se rappelle que, dans ces conditions, on a trouvé pendant les dernières années une diminution marquée dans la quantité d'azote de la récolte, que le sol soit resté sans engrais ou qu'il n'ait reçu que des engrais azotés.

La première récolte de blé remonte à 1844, et, bien qu'on ait pris dans les premières années quelques échantillons, ce n'est qu'en 1856 qu'ils ont été prélevés régulièrement, d'après le plan nouvellement adopté. A cette date, on prit de la terre dans quatre parcelles et seulement dans la première couche de $0^m,225$. Huit échantillons ont été recueillis à cette époque sur des surfaces de 30 centimètres sur 30 et ces huit échantillons furent mélangés. En 1865, on prit des terres dans onze parcelles, et dans chacune d'elle on préleva à huit places des cubes de 30 sur 30 dans la première couche, de $0^m,225$; puis aux deux couches suivantes de $0^m,225$ chacune, c'est-à-dire que l'épaisseur totale étudiée fut de $0^m,675$. Enfin en 1881, vingt parcelles furent examinées. Six échantillons d'une surface de 21 centimètres sur 21 furent pris sur chaque parcelle, et dans chaque cas à trois profondeurs de $0^m,225$, par conséquent jusqu'à $0^m,675$.

Ainsi, c'est seulement en 1865 et en 1881 que nous avons une série considérable d'échantillons et la détermination de l'azote qu'ils renferment, c'est-à-dire en 1865 après la vingt-deuxième, et en 1881 après la trente-huitième récolte. Il est clair que, pour que les résultats dans les deux périodes puissent être comparés, nous devons rechercher si les échantillons prélevés présentent des poids égaux dans les deux cas. En ne considérant actuellement que les résultats relatifs à la première couche de $0^m,225$, le tableau suivant montre le poids moyen de la terre sèche par hectare, c'est-à-dire le poids du sol, en défalquant les pierres et l'humidité, calculé d'après les échantillons recueillis et la détermination des cailloux et de l'eau. Pour 1865, les calculs ont été faits sur les résultats dérivant de 80 échantillons, huit pour chacune des dix parcelles sur les onze étudiées, la onzième étant celle qui recevait chaque année du fumier ; et en 1881, les calculs sont basés sur les résultats fournis par 114 échantillons, c'est-à-dire six échantillons de dix-neuf parcelles, en laissant encore de côté celle qui a reçu du fumier de ferme.

| NOMBRE DES ÉCHANTILLONS. | TERRE SÈCHE CALCULÉE PAR HECTARE. |
|---|---|
| | kil. |
| 1865. — 10 parcelles, 8 échantillons pour chacune. | 2.574.922 |
| 1881. — 19 parcelles, 6 échantillons pour chacun.. | 2.858.466 |

L'importance de prendre des échantillons d'une étendue et d'une épaisseur déterminées est ainsi nettement indiquée. Il est évident que les échantillons analysés en 1881 représentent en moyenne exactement un neuvième de plus par hectare que ceux qui ont été analysés en 1865; en d'autres termes, si les échantillons de 1865 représentent $0^m,225$ d'épaisseur dans les conditions du sol, ceux de 1881 réprésentent 25 centimètres dans les mêmes conditions, c'est-à-dire qu'ils renferment un centimètre de plus de sous-sol, qui est beaucoup plus pauvre en azote que la terre de la première couche. Dès lors, il devient intéressant de savoir si la condition de consolidation du sol a été plus régulière à une période qu'à une autre. Nous avons admis que les chiffres de 1881 seraient corrigés en supposant qu'un dixième du poids de la terre avait la composition déterminée pour la sconde couche de $0,^m225$ (ce qui serait légèrement exagéré) et on a calculé la teneur en azote des neuf dixièmes restants représentant 2,574,922 kilos de la terre de la surface.

Le tableau suivant (tableau IX) donne, pour les sols de la surface de la parcelle sans engrais et pour les neuf parcelles qui ont reçu des engrais artificiels, l'azote contenu en 1865 dans la terre sèche; en outre, pour 1881, on donne les chiffres trouvés et ceux qui ont été calculés d'après l'hypothèse précédente, nous avons inscrit aussi les quantités par hectare, gain ou perte. Enfin, pour chaque période, on donne encore les quantités en excédent ou en déficit sur la parcelle **5 a** qui a reçu seulement des engrais minéraux.

On remarque que, pour toutes les parcelles, les chiffres accusent une proportion plus faible en 1881 qu'en 1865. Les chiffres calculés pour 1881, sont naturellement plus forts que les chiffres trouvés, et, par suite, donnent des nombres tantôt supérieurs, tantôt inférieurs à ceux de 1865.

TABLEAU IX. — SOLS DE BROADBACK. AZOTE POUR 100 DANS LA TERRE SÈCHE ET PAR HECTARE. BLÉ PENDANT TRENTE-NEUF ANS, SANS INTERRUPTION, DE 1843-44 A 1881-82 INCLUSIVEMENT.

| PARCELLES. | ENGRAIS PAR HECTARE ET PAR AN (COMME EN 1851-52 ET DEPUIS). | AZOTE — P. 100 DANS LA TERRE SÈCHE. 1865 Trouvé. | 1881 Trouvé. | 1881 Calculé. | AZOTE — PAR HECTARE DE 2.574.022 KIL. DE TERRE SÈCHE. 1865 | 1881 | 1881 + ou — 1865 | + OU — SUR LA PARCELLE 5a. 1865 | 1881 | 1881 + ou — 1865 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
| 3 a | Sans engrais (1843-44 et depuis) | 0.1090 | 0.1009 | 0.1045 | 2807 | 2692 | — 115 | — | — | — |
| 5 a | Engrais minéraux | 0.1119 | 0.0981 | 0.1012 | 2883 | 2607 | — 275 | — | — | — |
| 7 a | Engrais minéraux et sels ammoniacaux, renfermant 96 kil. azote | 0.1230 | 0.1207 | 0.1264 | 3168 | 3256 | + 88 | + 286 | + 619 | + 303 |
| 9 a | Engrais minéraux et nitrate de soude, renfermant 96 kil. azote | 0.1232 | 0.1200 | 0.1253 | 3174 | 3229 | + 55 | + 292 | + 622 | + 330 |
| 10 a | Sels ammoniacaux, 96 kil. azote (1845 et depuis) | 0.1108 | 0.1034 | 0.1074 | 2853 | 2758 | — 95 | — 29 | ÷ 151 | + 180 |
| 11 a | — — superphosphate | 0.1171 | 0.1121 | 0.1164 | 3016 | 2997 | — 19 | + 124 | + 390 | + 266 |
| 12 a | — — sulfate de soude | 0.1208 | 0.1155 | 0.1202 | 3111 | 3096 | — 15 | + 229 | + 489 | + 260 |
| 13 a | — — sulfate de potasse | 0.1206 | 0.1191 | 0.1245 | 3106 | 3206 | + 100 | + 224 | + 605 | + 375 |
| 14 a | — — sulfate de magnésie | 0.1197 | 0.1163 | 0.1215 | 3083 | 3129 | + 46 | + 200 | + 522 | + 322 |
| 16 a | Sels ammoniacaux renfermant, 192 kil. azote et engrais minéraux [1] | 0.1264 | 0.1066 | 0.1112 | 3355 | 2863 | — 492 | + 471 | + 255 | — 216 |

1. Pendant treize ans à partir de 1864, sans engrais depuis.

En considérant l'objet spécial de cette communication : la statistique de l'azote du sol, afin d'élucider l'origine de l'azote des récoltes, on remarquera que la parcelle sans engrais (**3**) et la parcelle aux engrais minéraux **5 a**, ayant fourni des récoltes renfermant des quantités d'azote de plus en plus faibles, accusent une grande réduction dans les réserves du sol de la surface. La réduction pendant les dernières années est considérablement plus grande dans le sol superficiel de la parcelle aux engrais minéraux que dans la terre restée sans engrais. En prenant cependant les chiffres obtenus par l'analyse des couches plus profondes, on trouve que la perte de la couche de $0^{m},675$ est à peu près la même pour les deux parcelles. Les résultats constatés pour la couche superficielle sont cependant suffisants pour montrer que la diminution d'azote dans la récolte des parcelles qui n'en ont pas reçu dans les engrais est accompagnée par l'épuisement du stock d'azote du sol.

Une nouvelle démonstration de ce fait est encore fournie par les résultats de la parcelle **16 a**. Pendant treize ans, de 1852 à 1864, la parcelle **16 a** reçut deux fois autant d'azote que celui qui fut distribué aux autres parcelles, et, pendant cette période, elle donna une moyenne de 35 hectolitres de grain à l'hectare. Depuis 1864 cependant, la parcelle a été laissée sans engrais, et pendant les dix-sept années, 1865-1881, elle a fourni seulement 13 hectolitres de grain; pendant les dernières années, le produit a été très peu supérieur à celui que donne la parcelle sans engrais ou la parcelle aux engrais minéraux. Le tableau montre que, en 1865, c'est-à-dire après une seule récolte succédant à l'interruption de l'engrais, le sol de la surface contenait beaucoup plus d'azote qu'aucune autre parcelle de la série. En 1881 cependant, après seize années de récolte sans engrais, le stock d'azote de cette parcelle était plus réduit que celui d'aucune autre et inférieur à celui de toutes celles qui avaient recu de l'azote, à l'exception de **10 a** qui n'avait eu que des engrais ammoniacaux.

Considérons maintenant les trois dernières colonnes du tableau, et nous remarquerons que, bien que toutes les parcelles aient reçu la même quantité d'azote dans l'engrais, elles renferment des proportions d'azote très variables, tellement qu'il semble n'y avoir aucune relation entre la quantité d'azote du sol et celle qui a été fournie par les engrais.

Le tableau suivant nous donnera quelques éclaircissements sur

ces différences. Les parcelles considérées, qui ont toutes reçu les mêmes quantités d'azote dans l'engrais, sont rangées dans l'ordre de l'excès d'azote, dans la récolte qu'elles présentent sur celles qu'a fournies la parcelle **5**. La première colonne donne l'excès moyen annuel d'azote dans les récoltes par hectare; la seconde la perte annuelle par le drainage, sous forme d'acide azotique; la troisième l'excès annuel d'azote dans le sol de la surface sur la parcelle **5**; et la dernière colonne montre la relation qui existe entre l'excès d'azote de la récolte étant fait égal à 500 et l'excès d'azote dans le sol.

TABLEAU X. — AZOTE CALCULÉ PAR HECTARE ET PAR AN.

| PARCELLES | ENGRAIS DISTRIBUÉS. | EXCÈS de l'azote des récoltes sur celui que renferment les récoltes de 5. | PERTE par le drainage en excès sur celui perdu par 5. | DANS LE SOL la première couche de 22c en excès sur la parcelle 5. | EXCÈS dans le sol superficiel p. 100 d'accroissement dans les récoltes. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | kil. | kil. | kil. | kil. |
| 10 | Sels ammoniacaux, 96 kil. azote (1845 et depuis)............... | 13.8 | 34.9 | 5.4 | 43.3 |
| 11 | Sels ammoniacaux, 96 kil. azote et superphosphate............... | 19.8 | 31.9 | 13.0 | 73.3 |
| 12 | Sels ammoniacaux, 96 kil. azote, superphosphate et sulfate de soude. | 24.8 | 27.4 | 16.3 | 73.7 |
| 13 | Sels ammoniacaux, 96 kil. azote, superphosphate et sulfate de potasse | 26.2 | 28.6 | 20.0 | 85.2 |
| 14 | Sels ammoniacaux, 96 kil. azote, superphosphate et sulfate de magnésie..................... | 26.9 | 30.8 | 17.3 | 72.0 |
| 7 | Sels ammoniacaux, 96 kil. azote, et engrais minéral complet..... | 29.0 | 21.6 | 21.6 | 83.4 |
| 9 | Nitrate de soude, 96 kil. azote, et engrais minéraux............. | 29.7 | 27.5 | 20.7 | 79.7 |

On remarquera que l'accroissement de l'azote dans les récoltes varie avec la nature des engrais minéraux, qui sont ajoutés au poids fixe d'azote des sels ammoniacaux; quand ceux-ci sont donnés seuls (parcelle **10**) l'accroissement est faible; il devient double pour **7** et **9**, où l'azote de l'engrais est soutenu par l'emploi des matières minérales.

L'ordre de la perte par le drainage est l'inverse de celui de l'azote assimilé; la parcelle **10** est celle qui perd le plus, **7** et **9** celles qui donnent les eaux de drainage les moins chargées.

L'excès d'azote dans le sol sur la parcelle **5** est évidemment dans le même ordre que l'accroissement dans les récoltes; la parcelle **10**,

avec son moindre excès dans la plante, son plus fort dans l'eau de drainage est la moins riche, tandis que les parcelles 7 et 9, avec l'accroissement le plus fort dans les récoltes, les eaux de drainage les moins chargées, renferment dans le sol les excès maxima.

Il est clair, d'après cela, que, tandis que l'excès dans le sol n'est pas en relation directe avec la quantité donnée comme engrais, elle est en rapport avec l'accroissement d'azote dans la récolte, en d'autres termes, avec l'abondance de celle-ci. La dernière colonne du tableau montre cette relation avec une grande clarté. Excepté pour la parcelle 10, il y a une conformité générale dans la proportion de l'excès de l'azote dans le sol et de son excès dans les récoltes. Ainsi les parcelles 11, 12 et 14, qui manquent de potasse, donnent toutes à peu près des quantités égales d'azote en excès sur 5, dans le sol pour 100 d'accroissement dans la récolte; les parcelles 13, 7 et 9, qui ont eu de la potasse, accusent des proportions plus fortes, mais sensiblement égales, d'azote retenu dans le sol.

D'après cela, il est évident que l'excès relatif de l'azote dans le sol n'est dû que dans une très faible mesure à la quantité introduite par les engrais, mais dépend presque exclusivement des différences dans les résidus laissés par les récoltes sous forme de racines, de chaumes et peut-être de mauvaises herbes.

En revenant au point principal qu'il s'agit d'élucider, il est clair que la diminution de l'azote dans les récoltes de la parcelle sans engrais est accompagnée d'une diminution dans le stock d'azote du sol.

Sur ce point, on peut admettre que, en prenant la moyenne de trente ans, 1852 - 1881, la parcelle sans engrais a perdu par les récoltes 20 kilos d'azote et 11$^k$,5 par l'eau de drainage, ou en tout, 31$^k$,5 par hectare et par an. De la même manière, on calcule que la parcelle 5, qui a reçu de l'azote et des engrais minéraux pendant une période de huit ans, puis des engrais minéraux seulement durant les trente ans, perdit 22$^k$,7 par ses récoltes et 13$^k$,4 par le drainage, en tout 36$^k$,1. D'après cela, on peut admettre que, sans engrais azoté, un sol perd environ 33 kilos d'azote par hectare et par an. Les déterminations d'azote dans les sols de ces deux parcelles indiquent qu'elles ont perdu environ les deux tiers de cette quantité jusqu'à une profondeur de 67 centimètres. Il reste donc environ un tiers, c'est-à-dire à peu près 11 kilos qui ont été fournis par les semences, par la pluie et la rosée et par

les autres sources d'azote combiné qu'on a supposé pouvoir agir, ou par la combinaison de l'azote libre dans le sol, ou son assimilation par les plantes. Sur ces 11 kilos, 2k,3 environ seront fournis par les graines, 5k,6 par l'azote combiné de la pluie et de la rosée, et la faible quantité restante par les autres sources indiquées.

### Azote dans les sols du champ d'orge.

Nous n'avons pas, malheureusement, de séries de déterminations de l'azote dans les sols du champ d'expérience, cultivés en orge, comparables à celles de notre champ de blé. En 1868, quatre de nos parcelles d'orge furent échantillonnées. Quatre cubes de terre de 15 centimètres sur 15 à la surface et de 0m,225 de hauteur, furent pris dans chaque sol et les quatre furent mêlés ensemble. En mars 1882, on prit quatre échantillons sur vingt-six parcelles. Des parcelles examinées en 1868, une seule était restée sans engrais azoté; on y a trouvé en 1868: 0gr,1202 d'azote pour 100, et en 1882: 0gr,1224; le poids de la terre ne fut pas très différent à ces deux époques.

### Azote dans les sols des parcelles cultivées en racines.

Les résultats suivants ont trait aux terres qui ont porté, pendant quarante ans sans interruption, des racines : navets communs, navets de Suède, betteraves, à l'exception de trois ans consacrés à la culture de l'orge. Des échantillons ont été prélevés une seule fois en avril 1870, c'est-à-dire après que l'expérience avait été continuée pendant vingt-sept ans.

Voici les résultats obtenus.

TABLEAU XII. CHAMP DE BARNFIELD

*Azote pour* 100 *dans la terre sèche jusqu'à une profondeur de* 22c5 (1870).

| | |
|---|---|
| Parcelle 3. Sans engrais | 0,0852 |
| Parcelle 4. Engrais minéraux | 0,0934 |
| Parcelle 5. Superphosphate seulement | 0,0888 |
| Parcelle 6. Superphosphate et potasse | 0,0867 |
| Moyenne des parcelles 4. 5 6 | 0,0896. |

On remarquera que les chiffres trouvés sont très faibles, on n'en a constaté d'analogue que pour les terres qui ont été cultivées en blé succédant à une jachère. En se rappelant que les récoltes ont

considérablement baissé à la fin des cultures sans engrais azoté, en voyant que cette diminution coïncide avec l'épuisement du sol en azote, nous pouvons conclure que l'azote des récoltes de racines est lié aussi étroitement à l'apport de l'azote des engrais ou à celui que fournit le sol, que dans le cas des céréales.

---

## De la nature des gaz confinés ou condensés dans les tissus des végétaux.

PAR M. J. BŒHM [1].

Les recherches dont M. Bœhm nous communique les résultats, ont été commencées à une époque où l'auteur, comme la plupart des physiologistes, ne croyant pas au rôle des vaisseaux dans la transmission de l'eau, considérait ces tubes comme des organes de respiration destinés à aérer le bois. Après la découverte faite par M. v. Hœhnel de la faible tension de l'air dans les vaisseaux, cette opinion dut se modifier en ce sens que les fonctions respiratoires n'étaient plus qu'accessoires, tandis que la fonction principale était l'élévation de l'eau.

M. Bœhm croit devoir admettre que le bois vivant reçoit l'oxygène nécessaire à sa respiration par l'intermédiaire de l'eau absorbée par les racines, mais il s'est assuré que le cambium ne fonctionne d'une manière normale que lorsqu'il reçoit également de l'air dans une direction normale à la surface de la tige. Or le tronc est parfois recouvert de plaques de liège parfaitement continues, c'est-à-dire sans ouverture sur une étendue de plusieurs centimètres carrés. Il était donc nécessaire d'étudier la composition de l'air contenu dans les cellules subéreuses; les résultats de cette série d'analyses motivaient à leur tour l'étude de l'air des trachéides du bois et de l'absorption des gaz par les tissus des végétaux.

L'extraction des gaz se faisait par le vide barométrique à l'aide d'un appareil très simple figuré dans le mémoire original.

1) *Gaz du liège.* — De petits cylindres de liège débarrassés chaque fois par une première exposition dans le vide, de l'air adhérent à la surface ou retenu dans les cavités, ont séjourné pendant

1. Ueber das Verhalten von vegetabilischen Geweben und von Stärke und Kohle zu Gasen. *Bot. Zeit.*, 1883, n°s 32, 33 et 34. — Nous avons cru devoir traduire un peu librement le titre du mémoire.

trois jours dans l'appareil. On recueillit ainsi d'abord 19$^{cc}$,46 de de gaz qui renfermaient 31,26 pour 100 d'oxygène et pas d'acide carbonique. Les mêmes bouchons, pesant ensemble 18 grammes, ont été abandonnés à l'air pendant 15 minutes et soumis de nouveau à l'action du vide pendant trois jours; ils ont dégagé 8$^{cc}$,86 de gaz, contenant 29,38 pour 100 d'oxygène et pas d'acide carbonique.

Après plusieurs mois d'exposition à l'air et au soleil, ils ont donné 22$^{cc}$,85 de gaz, contenant 28,82 pour 100 d'oxygène et 0,06 pour 100 d'acide carbonique.

Après huit jours de dessiccation dans une étuve à 97-98° C. et introduits encore chauds dans l'appareil, ils ont fourni 10$^{cc}$,13 de gaz renfermant 25,49 pour 100 d'oxygène et 4,17 pour 100 d'acide carbonique.

Desséchés dans l'air au-dessus de l'acide sulfurique, ils ont dégagé 19$^{cc}$,43 de gaz, contenant 30,76 d'oxygène et 0,05 d'acide carbonique.

Enfin, après un séjour de dix-huit jours dans l'air humide, ils ont donné 20$^{cc}$,59 de gaz, contenant 28,43 pour cent d'oxygène et 0,92 pour 100 d'acide carbonique.

En résumé, le liège, qu'il soit sec ou humide, renferme un gaz dont la teneur en oxygène oscille entre 25 et 34 pour 100; on obtient une notable proportion d'acide carbonique que dans le liège désséché à l'étuve.

2) *Gaz du bois.* — M. Boussingault le premier s'est occupé de la composition des gaz des tissus vivants; l'analyse a fait voir que ces gaz consistent en azote et en acide carbonique [1].

M. Bœhm s'est assuré de l'exactitude de ces observations; mais M. Boussingault faisait bouillir les tissus dans le vide et c'est pendant cette ébullition que l'oxygène qui s'y trouvait, a été transformé en acide carbonique. En opérant sur des rameaux de lilas ou de saule frais et gelés, on obtient des gaz qui renferment le plus souvent environ 21 pour 100 d'oxygène [2].

Il était surtout intéressant de connaître la composition des gaz contenus dans le bois mort de l'intérieur du tronc. Les expériences ont porté sur le sapin, l'épicéa et le pin d'Autriche. On fit tourner dans le bois du cœur des cylindres de la grosseur du doigt, ce

1. *Comptes rendus*, t. LX, p. 877, 1865.
2. Voyez Bœhm. Zusammensetzung der in den Gefässen enthaltenen Luft. Landwirthsch. Versuchsst., t. XXL, 1878.

travail a été exécuté à l'air libre, à une température inférieure à zéro.

On a toujours obtenu de forte quantités d'oxygène et des quantités minimes d'acide carbonique. Voici par exemple la composition des gaz retirés de 80 grammes de bois de sapin froid aussitôt après la fabrication des cylindres.

| | 1re PORTION. | 2e PORTION. | 3e PORTION. | 4e PORTION. |
|---|---|---|---|---|
| Durée de la succion.......... | 1 minute. | 15 minutes. | 3 heures. | 3 jours. |
| Quantité de gaz en cc........ | 11.53 | 28.05 | 15.96 | 17.32 |
| Acide carbonique, p. 100..... | 0.00 | 0.00 | 0.43 | 11.30 |
| Oxygène, p. 100............. | 20.68 | 27.83 | 21.64 | 8.02 |

La température de la salle des analyses ayant été de 8-10° C. on voit facilement que l'oxygène a été peu à peu remplacé par de l'acide carbonique.

Ces résultats se modifient assez notablement lorsqu'on commence par exposer le bois soit à l'air humide, soit à l'air sec. Dans le premier cas la consommation de l'oxygène est beaucoup plus rapide que dans le second.

M. Bœhm pense que cette absorption d'oxygène ne peut être attribuée entièrement à l'activité respiratoire du bois, mais en partie au développement de champignons dans le bois humide, quoique l'eau destinée à entretenir l'humidité dans la cloche où ce bois a été exposé ait été additionnée d'une petite quantité d'acide phénique ou encore à la présence de l'essence de térébenthine, corps très oxydable.

Une autre série d'analyses sur l'air contenu dans le bois du robinier présente un intérêt particulier et mérite d'être reproduite en entier. On préleva des cylindres dans le bois intérieur, dans le duramen extérieur et dans le bois d'une branche; ces cylindres ont été soumis trois fois à l'action du vide, la première fois aussitôt après la confection des cylindres, la deuxième fois un an plus tard, après la dessication à l'air, la troisième fois après la dessication à l'étuve et sur l'acide sulfurique et sur la potasse.

En examinant ce tableau on remarque d'abord la faible quantité d'air contenu dans le bois intérieur et dans celui des branches,

quoique les cavités soient relativement plus développées dans ces bois. L'air extrait après une dessication prolongée est beaucoup

| | | Durée de la succion. | Poids du bois. | Quantité de gaz. | Teneur en acide carbonique. | Teneur en oxygène. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | gr. | cc. | p. 100 | p. 100 |
| 1re succion. Cylindres fraîchement préparés...... | Bois interne. | 11-26 janv. 1880..... | 86.03 | 38.03 | 0.75 | 16.40 |
| | Bois externe. | | 100.17 | 7.83 | 2.10 | 4.83 |
| | Branche..... | | 121.45 | 5.87 | 7.51 | 8.46 |
| 2e succion. Bois séché à l'air.................. | Bois interne. | 22 janv.-1e fév. 1881. | 79.10 | 31.26 | 0.92 | 24.29 |
| | Bois externe. | | 79.86 | 4.93 | 4.85 | 31.51 |
| | Branche..... | | 100.35 | 3.47 | 6.07 | 34.40 |
| 3e succion. Bois séché à l'étuve au-dessus de l'acide sulfurique et de la potasse. | Bois interne. | 9-29 mars 1881...... | 71.43 | 27.89 | 1.16 | 31.32 |
| | Bois externe. | | 71.92 | 3.10 | 5.38 | 30.26 |
| | Branche..... | | 93.73 | 2.92 | 7.28 | 30.94 |

plus riche en oxygène que celui qui se dégage du cylindre fraîchement préparé. M. Bœhm pense que les tissus désséchés jouissent de la propriété d'absorber une forte quantité d'oxygène en ne dégageant qu'un peu d'acide carbonique.

3) *Absorption de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'acide carbonique par les tissus végétaux, par l'amidon et par le charbon.* — Il s'agit d'expliquer la richesse en oxygène de l'air extrait des tissus végétaux. Cet air présente-t-il la même composition que celui que renferment les cavités cellulaires ou bien les cloisons ou d'autres parties de la cellule retiennent-elles de l'oxygène à l'état condensé?

L'expérience a montré que le liège et les bois de robinier et d'épicéa absorbent des quantités considérables d'acide carbonique et d'hydrogène et beaucoup moins d'oxygène.

Un cylindre de liège pesant $4^{gr},26$ d'un volume de 22,83 à $23^{cc},74$ et dont les cavités cellulaires mesuraient ensemble 19,99 à $20^{cc},90$ a absorbé $3^{cc},95$ d'oxygène, $9^{cc},54$ d'hydrogène et $12^{cc},83$ d'acide carbonique.

Un cylindre de bois de robinier comprenant six anneaux ligneux, pesant $4^{gr},26$ d'un volume de 21,84 à $22^{cc},31$ et dont les cavités mesuraient 10,51 à $10^{cc},98$ a absorbé $3^{cc},08$ d'oxygène, $6^{cc},14$ d'hydrogène et $13^{cc},57$ d'acide carbonique.

Si ce sont les parois cellulaires qui absorbent les gaz, la limaille des tissus doit les absorber également. La limaille de liège et de

bois n'absorbe ni hydrogène, ni oxygène, la condensation de ces gaz se fait donc dans les cavités cellulaires. Il n'en est pas de même pour l'acide carbonique; celui-ci est absorbé par la limaille, mais en quantités variables suivant son degré d'humidité, la dessiccation favorisant l'absorption.

La limaille de liège absorbe beaucoup moins d'acide carbonique que le bois; on serait tenté de croire que la cellulose (qui se trouve en très faible quantité dans le liège), possède seule cette propriété. D'un autre côté, la limaille de liège absorbe moins que des fragments de la même matière, ce qui fait croire qu'une certaine quantité de ce gaz ainsi que l'oxygène et l'hydrogène sont condensés dans les cavités cellulaires.

Des expériences semblables à celles qu'on fait dans les cours de chimie pour démontrer la perméabilité des membranes et des corps poreux pour les gaz, montrent que l'oxygène et l'hydrogène traversent plus facilement les membranes cellulaires que l'azote : de là cette condensation de ces gaz; de là également la richesse en oxygène du gaz soutiré des tissus par le vide.

M. Borodin a prouvé que des graines sèches de haricot d'Espagne, de lupin et de colza, par conséquent les graines grasses aussi bien que les graines amylacées, absorbent à peu près leur propre volume d'acide carbonique. M. Bœhm est même parvenu à faire absorber à des haricots desséchés, mesurant $26^{cc},88$ jusqu'à $61^{cc},53$ d'acide carbonique, tandis que les mêmes graines contenant 13,27 pour 100 d'eau, n'ont absorbé que $18^{cc},59$ de ce gaz. La farine sèche de haricot et l'amidon pur de pomme de terre et de blé se comportent de la même manière, mais ces matières sont tout à fait indifférentes vis-à-vis de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote, propriété qui les distingue nettement du charbon qui absorbe, tous ces gaz sauf l'hydrogène.

Le suc cellulaire de pommes de terre et de carottes tuées par l'ébullition, absorbe son volume d'acide carbonique, et ce gaz ne peut plus en être extrait par le vide, même à la température de 100 degrés.

VESQUE.

---

# REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

## Physiologie végétale.

Dans une lettre adressée à M. DE LESSEPS par M. RICHARD, ce dernier insiste sur ce fait curieux que le palmier-dattier paraît se plaire surtout dans les sols fortement salés.

Sur le territoire d'Elche, le Vinalopo, dont les eaux servent à l'irrigation, est saumâtre, et il a fini par former sur la surface des terres plantées en palmiers, une croûte de $0^m,12$ à $0^m,18$ d'épaisseur qu'on est obligé parfois de remuer à la pioche pour permettre l'introduction de l'eau dans les couches inférieures.

Il en est de même sur la promenade d'Alicante, où l'on arrose les palmiers tout simplement avec de l'eau de mer. Enfin toutes les plantations de palmiers faites récemment dans la plaine de San Juan, entre le cap de Huertas et le Rio Monegro ont littéralement le pied dans l'eau de mer, et il est incontestable qu'elles ont réussi à merveille. (*Comptes rendus*, 13 août 1883).

*Sur l'intensité du coloris et les dimensions considérables des fleurs aux hautes altitudes*, par M. ED. HECKEL[1]. — M. ED. HECKEL, le savant professeur de la Faculté de Marseille, a publié en 1877 une traduction de l'ouvrage de Darwin, *De la fécondation croisée et directe*. Deux notes ajoutées par le traducteur aux pages 389 et 391 ont provoqué une discussion que nous croyons devoir résumer en quelques mots.

Darwin dit : « Nous devons certainement la beauté et le coloris de nos fleurs, aussi bien que l'accumulation d'une grande abondance de nectar, à l'existence des insectes. » On connaît les idées de Darwin. Les insectes rendent à un grand nombre de fleurs le service de transporter le pollen sur le stigmate d'une autre fleur ; il est avantageux pour les fleurs d'attirer les insectes par leur grandeur, la vivacité de leur coloris et le nectar qu'elles secrètent dans quelques-unes de leurs parties. Ces différents organes étant susceptibles de variation, sous le rapport de leur degré de développement, soit spontanément, soit sous l'influence de causes quelconques, extérieures ou intérieures, la sélection naturelle tend à produire de fleurs d'autant plus grandes, plus colorées et plus nectarifères que l'attraction des insectes en général, ou d'une ou de quelques espèces en particulier, devient plus nécessaire ou plus difficile. La beauté des fleurs dépend donc de deux ordres d'agents : 1° des causes physiques et physiologiques de l'agrandissement et de la coloration de la corolle ; 2° d'une action de sélection, les plus belles fleurs étant, toutes choses égales d'ailleurs, mieux servies par les insectes et par conséquent favorisées sous le rapport de la fécondation.

La première catégorie comprend de véritables causes, capables d'agir isolément, sans le secours des insectes. C'est là une vérité que personne ne pourra

1. *Bull. de la Soc. bot. de France*, 1883, p. 144.

méconnaître, et que les jardiniers mettent constamment en pratique. La chaleur et la lumière agissent sur la beauté des fleurs, nous ignorons si c'est directement ou indirectement; l'état général de la plante influe considérablement. Le dahlia ne produit que de petites fleurs lorsqu'on laisse les touffes de tubercules garnies d'un trop grand nombre d'yeux.

L'action de la sélection n'est point une cause directe, elle ne peut s'exercer qu'à la faveur de l'hérédité. Elle tend à ne laisser subsister que les individus particulièrement sensibles aux véritables causes physiques.

Passons maintenant à la discussion qui s'est élevée à ce sujet entre M. HECKEL et M. MUSSET.

M. HECKEL dit à propos de la phrase de Darwin reproduite plus haut : « Un fait cependant semble s'inscrire en faux contre cette assertion, c'est que les plantes alpines des grandes altitudes produisent des fleurs plus développées et plus brillantes que celles de la plaine, et pourtant dans les régions élevées, les insectes sont rares, sinon nuls ».

En lisant cette note, on ne peut s'empêcher de penser qu'elle repose sur un malentendu. Le fait cité par l'auteur comme devant s'inscrire eu faux, nous paraît être au contraire une confirmation éclatante des idées de Darwin : les insectes étant plus rares, il est évident qu'ils doivent être plus énergiquement appelés. A cela vient s'ajouter le milieu lumineux des grandes altitudes qui agit comme cause directe.

M. MUSSET cherche à défendre le maître en affirmant que tous les ordres d'insectes ont des représentants jusqu'à 2300 mètres en nombre égal à celui de la plaine. Hâtons-nous de dire que cette observation est en désaccord avec celles de MM. MEEHAM, NÆGELI, GRISEBACH, BONNIER et de M. HECKEL lui-même. M. MUSSET semble admettre que les insectes provoquent le développement et la coloration de la corolle par leurs contacts répétés par une sorte d'irritation produite sur les organes. Rien jusqu'à présent n'autorise à croire à une pareille action.

On voit que c'est un véritable quiproquo qui entraîne M. MUSSET à reprocher au traducteur de l'œuvre de DARWIN, d'avoir voulu attaquer le rôle pollinisateur des insectes. Cela n'a pas été la pensée de M. HECKEL. L'affirmation de M. MUSSET concernant le nombre des insectes dans les régions alpines, enlève à M. HECKEL le seul moyen de défendre ses annotations, mais cette affirmation est probablement inexacte, et celui qui attaque la proposition de DARWIN, ce n'est plus M. HECKEL, mais M. MUSSET qui voulait la défendre.

Après l'exposé de ce différend, M. HECKEL établit longuement la distinction entre la cause véritable et la cause occasionnelle, les insectes, de la grandeur et du coloris des fleurs. Les opinions du professeur de Marseille sont en substances conformes à ce que nous avons dit en début de cette note.

VESQUE.

*De l'influence de la pluie, de la rosée et du bassinage sur les plantes*, par M. J. WIESNER[1]. — On sait depuis longtemps que les feuilles absorbent de l'eau lorsqu'on les mouille ou qu'on les immerge. M. WIESNER démontre main-

1. Die Weinlaube, 1883. N° 9, p. 103-104. Biedermann's Centralblatt, 1883, p. 471.

tenant que les feuilles préalablement humectées transpirent plus activement que les feuilles sèches et que le mouvement de l'eau dans la plante est ainsi accéléré. Cette activité artificielle de la transpiration est utile ou nuisible suivant que le sol renferme de l'eau ou qu'il en est dépourvu. Il faut en conclure que le bassinage n'est utile que lorsqu'on a pris soin de mouiller la terre, tandis qu'on risque de provoquer la fanaison ou même la mort des plantes quand on néglige cette précaution indispensable.

Quant à la rosée et à la pluie, il est facile d'en prévoir les conséquences.

*Sur les variations anatomiques et la différenciation des rameaux de quelques plantes*, par M. LABORIE[1]. — La plupart de nos arbres fruitiers se distinguent par un dimorphisme remarquable des rameaux, les uns stériles, à bois, les autres fertiles, à fruits. C'est même ce dimorphisme qui fait de l'arboriculture une des parties les plus compliquées de l'art de la culture en général. L'auteur a recherché s'il y a une différence anatomique entre les rameaux à bois et les rameaux à fruits et il est arrivé à un résultat qu'on peut exprimer en disant que le rameau à fruits se rapproche par sa structure du rhizôme (ou tige souterraine), c'est un axe spécialement construit pour servir de réservoir aux matériaux de réserve. Il y a hypertrophie des tissus parenchymateux, écorce primaire, rayons médullaires et moelle et réduction de la partie fibrovasculaire en général et des éléments mécaniques en particulier : aussi les fibres libériennes font défaut, et les fibres ligneuses presque complètement supprimées sont en partie remplacées par du parenchyme ligneux.

Il serait à souhaiter que l'auteur continuât ces recherches non seulement au point de vue purement scientifique qui paraît être celui où il s'est placé, mais encore au point de vue pratique.

VESQUE.

## Chimie agricole.

*Recherches sur la distribution du sucre dans la betterave et sur l'endroit de cette racine qui renferme la quantité moyenne de sucre*, par M. G. MAREK[1].

### 1. Distribution du sucre dans la betterave.

Une betterave est divisée longitudinalement, en deux parties égales; la première moitié est divisée transversalement en huit zones; la seconde sert à l'étude de la distribution du sucre dans les différentes couches concentriques.

A. *Distribution suivant la longueur*. Des huit parties séparées, la supérieure voisine du collet pèse 30,87 pour 100, l'inférieure, la queue, 1,33 pour 100 du poids total de la racine; les quantités de jus sont proportionnelles aux poids des différentes parties.

Ces parties, par ordre de densité du jus, se rangent ainsi qu'il suit, de haut en bas : 2e et 3e parties, 1re partie, les autres; 4e et suivantes en décroissant jusqu'à la pointe. La 2e partie a donné le plus grand pouvoir rotatoire, les autres suivent régulièrement; le collet se place entre la 5e et la 6e partie. Quant au coefficient de pureté, la 4e et la 5e parties sont les plus favorables.

1. Die Ergebnisse der Versuche und Untersuchungen über den Zuckerrübenbau. Königsberg, 1882, p. 68-88. — Biedermann's Centralbl. 1883, p. 480.

B. *Distribution suivant les zones concentriques*. La moitié destinée à cette étude a été divisée en sept couches concentriques comprenant chacune un anneau de faisceaux. Les anneaux internes sont plus légers que les autres. La densité du jus, la richesse en sucre et le coefficient de pureté augmentent de l'intérieur vers l'extérieur pour retomber ensuite et atteindre le minimum dans la couche corticale.

2. Partie de la betterave qui renferme la quantité moyenne de sucre.

On comprend aisément l'importance de cette question lorsqu'il s'agit de prendre un échantillon pour l'analyse.

Pour les racines grosses et moyennes, cette partie moyenne est située entre le 1er et le 2e huitième de la longueur; pour les petites racines elle est située un peu plus haut.

Remarquons que ces résultats sont en désaccord avec les recherches de M. Violette, qui a trouvé que la quantité de sucre augmente du collet à la queue de la racine.

*Dosage du gluten dans les farines*, par M. BALLAND. — M. BALLAND rend compte de ses observations sur le dosage du gluten dans les farines. D'après lui, il faut, pour obtenir des résultats exacts, opérer de la manière suivante : on fait un pâton avec 50 grammes de farine et 20 ou 25 grammes d'eau; après un repos d'une demi-heure, on divise le pâton en deux parties égales qu'on traite par l'eau comme d'ordinaire à une heure d'intervalle; on pèse le gluten après l'avoir fortement serré dans la main; on lave de nouveau pendant cinq minutes et on pèse une dernière fois; la moyenne des quatre chiffres obtenus donne la teneur en gluten humide de la farine essayée. (*Comptes rendus*, 13 août.)

*Extraction du sucre des mélasses*, par M. GERBER. — M. GERBER communique à la Société chimique un nouveau mémoire sur l'extraction du sucre des mélasses (voir *Annales agronomiques*, tome IX, page 336). Après avoir donné quelques nouveaux détails sur le procédé Scheibler à la baryte seule, il examine quelques autres brevets récents. M. CLOSSON (brevet anglais, du 4 avril 1881), traite les mélasses d'abord par la chaux qui sépare le tiers du sucre à l'état de saccharate bibasique, puis par un mélange de chaux et de chlorure de baryum; il se forme, à l'ébullition, du chlorure de calcium et du saccharate monobarytique insoluble; ce dernier composé est traité comme d'ordinaire, et le carbonate de baryte est de nouveau transformé en chlorure par l'acide chlorhydrique. On évite ainsi la caustification du carbonate barytique, qui est toujours dispendieuse. Le brevet réserve également l'emploi du chlorure de strontium dans des conditions anologues. On ignore encore si la méthode de M. CLOSSON a reçu la sanction de la pratique industrielle.

M. STEFFEN, de Vienne, opère de la façon suivante : on sature la mélasse étendue avec de la chaux, de manière à former un saccharate monocalcique soluble; on ajoute alors peu à peu et à une température modérée, de la chaux vive, réduite en poudre impalpable ; il se forme immédiatement du saccharate tricalcique insoluble, et le liquide séparé ne renferme pour ainsi dire plus de

sucre. La méthode donne des résultats si avantageux qu'elle pourrait, paraît-il, servir en sucrerie au traitement direct des jus de betteraves.

M. Wernicke (brevet allemand, du 15 avril 1882) traite les mélasses à 45°-50° Baumé et 70° centigrades par l'acide acétique à 98 pour 100, $C^2H^4O^2$. Pour 100 de mélasse on emploie 100 à 150 d'acide.

La saccharose cristallise par refroidissement; on la dessèche dans des étuves permettant de recueillir l'acide acétique qui l'imprègne. Les eaux mères sont distillées et l'acide rectifié sur du bisulfate de potasse ou du chlorure de calcium. Les résidus peuvent enfin servir comme engrais, ou à la fabrication de l'ammoniaque et des méthylamines.

## Agriculture.

*Expériences sur l'influence de la quantité de la semence et des engrais chimiques sur la quantité et la qualité de la récolte de l'avoine*, par MM. O. Beseler et M. Mærker [1].

*Résumé*. 1. En semant 22 livres d'avoine par « morgen » on n'obtiendra pas une récolte aussi forte qu'en semant 38 livres, même en employant de grandes quantités d'engrais artificiel.

2. L'emploi isolé de l'engrais phosphaté n'a pas augmenté la récolte quoique la terre fût en bon état et ne manquât certainement pas d'azote.

3. L'engrais azoté augmente la récolte proportionnellement aux quantités d'azote répandu.

4. L'acide phosphorique s'est montré fort utile lorsqu'on le joint à une faible fumure azotée, donnée sous la forme de nitrate de soude.

5. L'engrais azoté étant abondant, un engrais phosphaté est sans influence, qu'on l'emploie d'ailleurs en grande ou en petite quantité.

6. Les engrais chimiques augmentent à peu près dans la même proportion dans la production du grain et celle de la paille.

7. Lorsqu'on sème dru, la graine est à la paille comme 47 est à 53 (ou comme 1: 1,13); dans un champ plus clair semé, comme 45 et à 55 (ou comme 1: 1,22).

8. Les récoltes étaient en général pauvres en protéine, surtout celle de la paille, sans doute parce que la culture sarclée et en sillons, en détruisant les mauvaises herbes et en fortifiant les tiges, produit des plantes pauvres en azote.

9. La quantité de semence étant moindre, les plantes sont un peu plus azotées que lorsqu'elle est plus forte.

10. L'engrais phosphaté seul n'a pas augmenté la quantité d'azote de la récolte.

11. L'engrais azoté seul, au contraire, augmente très sensiblement la quantité d'azote de la récolte.

12. L'acide phosphorique ajouté à la fumure azotée est sans influence sur la proportion de la protéine récoltée.

13. Plus la récolte était abondante et plus la graine et la paille étaient riches

1. Biedermann's Centralbl. 1883, p. 472

en protéine. La quantité et la qualité de la récolte vont de pair. Un engrais rationnel augmente à la fois la quantité et la qualité.

14. La graine mal développé de l'avoine versée par suite d'un engrais trop azoté est plus riche en protéine que le grain normal; on a donc tort en le rejetant comme étant de qualité inférieure.

15. L'engrais phosphaté seul, n'augmente pas la quantité des matières grasses du grain.

16. L'engrais azoté seul la diminue.

17. Une faible fumure phosphatée ajoutée à la fumure azotée rétablit la richesse normale en matières grasses et peut même la dépasser si la fumure phosphatée est plus forte, et cela probablement en favorisant la maturation.

18. Le grain provenant d'un champ très azoté était en général un peu plus riche en fibre ligneuse et un peu plus pauvre en matières immédiates non azotées que celui qui provenait d'un champ plus pauvre en azote et riche en acide phosphorique.

19. Par une fumure rationnelle on parvient à doubler la quantité de protéine de la récolte.

20. 55 pour 100 des engrais azotés employés ont été retrouvés dans les récoltes.

*Culture du Chenopodium Quinoa Willd*, par M. E. VON RODICZKY[1]. — Le *Chenopodium Quinoa* est une plante assez semblable à notre *Chenopodium album* ou *Poule grasse*, mauvaise herbe qui abonde dans les champs et que les habitants de la côte occidentale de l'Amérique du Sud cultivent pour ses fruits amylacés dont on fait des potages nourrissants.

L'auteur a réussi à cultiver cette plante à Altenbourg, en Hongrie, entre Pressbourg et Raab, au 48° de lat. pendant les années 1879 à 1882. La semence a été confiée au sol argileux, pauvre en humus, le 16 mars; les plantes étaient levées le 26 du même mois. On a donné un binage le 1er juin; la floraison a commencé au commencement de juillet et la récolte a pu être faite au milieu de septembre.

Le Quinoa résiste bien aux gelées printanières et à la sécheresse.

Un hectare exige 7-8 kilos de semence et en produit 2700 kilos. On sème en lignes distantes de 50-60 centimètres. et on éclaircit ensuite de manière à écarter les pieds de 25 à 30 centimètres.

D'après Völker, le Quinao renferme 83,9 pour 100 de matière sèche, dont 58,22 pour 100 d'amidon, 5,12 de matières extractives, 4,81 de corps gras, 11,71 de protéine et 4,25 de cendres.

Les semences sont propres aux mêmes usages culinaires que le sagou, les feuilles remplacent les épinards et toute la plante constitue un bon engrais vert.

*Le parasitisme du Morchella esculenta sur l'Helianthus tuberosus*, par M. E. ROZE[2]. — L'auteur cite plusieurs observations suivant lesquelles, la

1. Oesterreich landw. Wochenbl. 9e année, 1883, p. 66. Biedermann's Centralbl., 1883, p. 487.

2. *Bull. de la Soc. bot. de France*, 1883, p. 139.

morille, l'un des champignons comestibles les plus estimés, végète en parasite sur les tubercules de topinambour. L'histoire du développement de ce champignon est jusqu'à présent inconnue; on a signalé plusieurs arbres, notamment l'orme, comme lui étant particulièrement favorable, mais, faute de preuves, on on est arrivé à le considérer comme un végétal plutôt saprophyte que parasite. M. Roze souhaite avec raison que des essais soient faits dans ce sens. « Il suffira pour cela de transporter des morilles fraîches, soit sur des plants nouveaux de topinambours où les tubercules entiers ou coupés seront placés à ras de terre, soit sur d'anciennes cultures où les rhizômes seront mis à découvert par l'enlèvement momentané du sol, ce qui falicitera d'autant, dans les deux cas, le semis des spores du parasite sur la plante nourricière; ensuite de recouvrir le tout, au bout de deux ou trois jours, d'abord de paille ou de feuilles sèches, puis de fumier léger et de terre ordinaire, qu'on arrosera de temps à autre pour faciliter la germination des spores, enfin de buter le superficiellement pour ne plus y toucher jusqu'au mois d'avril suivant, en le maintenant dans un état d'humidité suffisante[1]. » Nous engageons vivement nos lecteurs à tenter cette intéressante expérience, qui conduira peut-être, si elle réussit, à la culture simultanée de la plante nourricière et de son parasite.

*Travaux effectués à la station de Vaucluse, pendant l'année* 1882-1883. M. Pichard, directeur de la station agronomique de Vaucluse, vient de rendre compte, dans un rapport intéressant, des travaux effectués au champ d'expériences et au laboratoire de cette localité. On a cultivé, à titre d'essai, un certain nombre de cépages américains et asiatiques qui ont donné d'assez bons résultats : quelques galles phylloxériques sur le *Vialla* et le *Clinton*, ainsi que sur les *Cynthiana*. Les moûts obtenus sur les récoltes de 1882 étaient sensiblement moins sucrés que d'ordinaire, ce qui s'explique par l'humidité excessive au milieu de laquelle a dû se faire la maturation. La même influence défavorable s'est fait sentir sur les betteraves, qui n'ont pas dépassé la teneur de 12,5 pour 100 de sucre, même pour les variétés améliorées de Vilmorin; l'action des engrais a été faible, surtout pour les produits solubles, sulfate d'ammoniaque ou autres, qui ont été entraînés par l'eau.

La ramie a donné, en deux coupes, près de 40 000 kilogrammes de tiges vertes, et on espère davantage pour les campagnes ultérieures.

La saison a encore été mauvaise pour les arachides et le sorgho; cependant ce dernier a atteint la richesse de 15 pour 100 en sucre cristallisable pour les pieds à une seule tige; celles-ci présentent, en outre, l'avantage de donner un jus plus pur et plus facile à traiter que les autres. Malheureusement il semble que la conservation des cannes amène une rapide transformation du sucre cristallisable en glucoses; on a observé que des tiges dosant, au moment de la récolte, 16,3 pour 100 de saccharose, n'en renfermaient plus que 11,7 après douze jours d'exposition à l'air, et à une température de 25°. Cette diminution de richesse tient à une inversion; elle ne présenterait donc pas d'inconvénients si le sorgho était cultivé comme plante à alcool.

A ce point de vue, on a tenté, au laboratoire de la station agronomique de

1. Cette prescription a été écrite au mois de mars.

Vaucluse quelques essais qui pourraient peut-être, plus tard, conduire à une industrie intéressante : les jus de sorgho, renfermant 16 pour 100 de sucre en moyenne, fermentent très bien au contact des marcs de Jacquez, et fournissent ainsi une boisson agréable, suffisamment alcoolique, et se conservant bien.

Le plâtrage des vins a fait aussi l'objet de recherches étendues, dont la plupart ont été déjà publiées.

Enfin, on a fait sur le tabac un grand nombre d'expériences touchant l'action des engrais sur la production totale et la combustibilité des feuilles obtenues. Il semble ressortir, de ces premières recherches, que les conditions météorologiques de la saison ont une influence considérable sur la combustibilité du tabac; néanmoins on peut dire que les sols sablonneux conviennent mieux que les autres sous ce rapport : le meilleur résultat a été obtenu dans une terre à laquelle on avait ajouté un cinquième de son poids de sable.

M. Pichard termine son rapport en exposant les recherches qu'il a entreprises au sujet de l'imbibition des terres par l'eau ; on sait combien cette question intéresse les viticulteurs, puisque la submersion des vignes est, lorsqu'on peut la pratiquer et que le sol est suffisamment poreux, le meilleur remède à employer contre le phylloxera ; il classe ainsi, par ordre d'imperméabilité, les divers éléments qui constituent la terre : argile, calcaire impalpable, silex impalpable, calcaire palpable, sable. (V. *Comptes rendus*, 30 juillet 1883).

*Recherches sur l'influence de la surface occupée sur le développement et le rendement des plantes cultivées*, par M. E. Wollny[1].

Conclusions.

A. 1. Le minimum de rendement d'une surface donnée dépend, toutes choses égales d'ailleurs, d'une certaine quantité de semences. Cette quantité était plus faible ou plus forte, le rendement est moindre.

2. La qualité des grains (de céréales) est meilleure lorsque les plantes sont moins serrées. Quant aux betteraves et aux pommes de terre, les racines ou les tubercules sont d'autant plus gros, que les plantes sont plus écartées, mais cela dans certaines limites.

3. La paille et les fourrages donnent une récolte d'autant plus forte que les plantes sont plus serrées.

4. En général la productivité d'une plante s'accroît avec la surface de terre qui lui est assignée.

B. 1. Pour chaque plante, le rendement augmente avec la surface occupée jusqu'à une certaine limite qui varie suivant la nature et la variété de la plante.

2. Cet accroissement jusqu'à la limite extrême (au-delà de laquelle les rendements sont constants) n'est pas proportionnel à la surface : il s'accroît d'abord rapidement, ensuite plus lentement à mesure que la surface augmente.

3. Il convient, dans la pratique, de choisir la surface à laquelle correspond le

1. Unters. über den Einfluss des Standraumes, etc. Journal für Landwirthschaft, XXIX, 1881, p. 25.

plus fort *accroissement* du rendement, quoique le rendement maximum de chaque plante ne soit pas encore atteint.

C. Le rendement d'une plante qui se développe librement s'accroît avec la surface du sol qu'elle occupe, mais l'augmentation de la récolte n'est pas proportionnelle à cette surface, elle est moins rapide.

Il est à peine nécessaire de dire que les plantes s'allongent d'autant plus qu'elles sont moins exposées à la lumière. L'auteur rappelle à ce sujet que la verse est due à l'étiolement qui résulte d'un semis trop serré.

D. 1. Le sol est d'autant plus frais, pendant la saison chaude, que les plantes sont plus serrées.

2. Le sol perd d'autant plus d'eau que les plantes sont plus serrées.

3. Le faible rendement des plantes trop serrées est dû en partie à l'épuisement de l'eau du sol.

4. Les plantes écartées mûrissent en général plus tard que les plantes serrées.

5. Les conditions climatériques étant mauvaises, les plantes serrées parviennent encore à mûrir leurs fruits ou bien elles se dessèchent sur pieds.

E. Les plantes tallent d'autant mieux qu'elles sont plus écartées.

F. La surface qui donne le plus fort rendement change d'une variété à l'autre de la même espèce cultivée.

G. 1. Dans un sol riche en aliments, le rendement maximum est obtenu par un semis plus clair que dans un sol maigre.

2. On a tort d'attribuer la verse au fumier de ferme, car un semis plus clair l'aurait évitée.

3. L'action d'une fumure quelconque ne peut être bien fixée que lorsque chaque plante dispose d'une surface assez grande pour se développer librement.

H. 1. La quantité de semence doit être d'autant plus faible que le sol se dessèche plus facilement.

2. Elle doit être également d'autant plus faible que le sol a été labouré à une plus grande profondeur.

I. La quantité de la semence doit être d'autant plus forte que les conditions climatériques et l'état du sol sont moins favorables au développement de la plante cultivée.

J. Lorsqu'un sol a reçu une certaine quantité de graines grosses et qu'il donne le maximum de rendement, le même sol ensemencé avec le même poids de petites graines donne un rendement moindre; mais lorsque les grosses graines sont trop peu nombreuses pour utiliser complètement le sol, les petites graines donnent un rendement égal, ou supérieur.

K. Pour le maïs, les quantités d'azote et de cendres de la récolte augmentent lorsque la surface du sol attribuée à chaque plante diminue.

2. L'inverse est vrai pour le sarrazin et le soja.

3. La quantité de fibre brute de la plante est d'autant plus grande que les plantes sont plus serrées.

4. Pour le lin, la récolte en graines est d'autant meilleure, comme quantité et comme qualité, que les plantes sont plus serrées.

5. L'inverse est vrai pour le chanvre.

6. Les tiges du lin sont d'autant plus longues que les plantes sont plus serrées.

7. Elles se ramifient beaucoup plus lorsqu'elles son técartées que lorsqu'elles sont semées dru.

8. Les fibres du lin sont d'autant plus fines que les plantes sont plus serrées.

L. 1. Quand on compare le semis en lignes avec le semis à la volée, on trouve que, à part quelques exceptions, le premier donne pour toutes les plantes cultivées, une plus forte récolte en graine et en paille que le second.

2. Le grain provenant de plantes semées en lignes est plus gros et plus lourd que celui qu'on obtient après un semis à la volée.

3. La récolte plus forte des plantes semées en lignes peut être obtenue avec une quantité moins grande de semence que lorsqu'on sème à la volée.

4. D'une manière générale, la récolte est d'autant meilleure, toutes choses égales d'ailleurs, que les graines ont été plus uniformément répandues.

M. Les plantes étant semées en lignes, il a été constaté :

1. Que le maximum de récolte correspond à une certaine densité du semis dans les lignes même, qu'elle est moindre lorsque les plantes sont plus serrées ou moins serrées dans les lignes ;

2. Que la qualité du grain récolté et le pouvoir productif des plantes sont d'autant plus grandes que celles-ci sont plus écartées dans les lignes;

3. Les mêmes conclusions sont applicables à l'espacement des lignes, c'est-à-dire qu'il y a un optimum d'espacement, mais la qualité du grain et la productivité de la plante considérée individuellement, augmentent avec l'espacement des lignes.

N. On obtient le meilleur rendement lorsque les lignes sont orientées du nord au sud, toutes choses étant égales d'ailleurs.

Toute cette longue série d'aphorismes est le résultat d'un nombre vraiment fabuleux d'essais de culture, dont les résultats numériques sont consignés dans plus de soixante-dix grands tableaux.

On comprend qu'il est impossible de reproduire autrement que nous ne l'avons fait, les résultats d'un travail aussi étendu.

## Phylloxéra.

M. Caire adresse à l'Académie une note relative à une composition employée par M. Hatch, de San José (Californie), pour la destruction du phylloxéra. La formule indiquée par M. Hatch est la suivante : poids égaux de sulfure de carbone, de potasse, d'oxyde de fer, de soufre, mélangés avec un poids de mercure huit fois plus fort. On introduit ce mélange dans un trou pratiqué près du cep, qu'on rebouche hermétiquement ensuite avec de l'axonge ou du liège.

---

*Le Gérant :* A. Masson.

Motteroz, Adm.-Direct. des Imprimeries réunies, B, Puteaux.

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

# LA SECTION D'AGRONOMIE AU CONGRÈS DE ROUEN

PAR

M. HENRY SAGNIER

Secrétaire de la rédaction du *Journal de l'Agriculture.*

Les notes et mémoires présentés à la section d'Agronomie pendant le congrès qui a eu lieu à Rouen du 16 au 23 août 1883, n'ont pas été très nombreux. La section a d'ailleurs consacré une partie de son temps à quelques excursions qui ont présenté beaucoup d'intérêt. Mais, parmi les travaux dont nous avons entendu l'exposé, il en est quelques-uns très importants, dont l'étude et l'analyse feront l'objet de la plus grande partie de ce compte rendu. La diversité des questions qui ont été traitées est telle, que la meilleure méthode à suivre pour les analyses, est celle de l'ordre même dans lequel elles ont été présentées. Disons d'abord que les discussions ont été dirigées par M. Dehérain, président de la section pour cette année; il était assisté de M. Fortier, président de la Société centrale d'agriculture de la Seine-Inférieure, et de M. Llaurado, professeur à l'École forestière de l'Escurial (Espagne), élus vice-présidents.

### 1. — Séance du 17 août.

M. LLAURADO, professeur à l'École forestière de l'Escurial (Espagne), est bien connu pour ses importants travaux sur les irrigations dans la péninsule ibérique. Il expose à la section les expériences qu'il a fait exécuter dans plusieurs régions de l'Espagne sur la culture d'une nouvelle variété de riz. Ce riz, qui est d'origine asiatique, donnerait d'excellents résultats avec une méthode de culture tout à fait différente de celle adoptée pour la variété commune du riz cultivé. Il suffit, en effet, pour que la plante vienne à bien, toutes les autres conditions restant les mêmes, qu'elle soit soumise à des arrosages intermittents, au lieu de recé-

voir une véritable submersion, comme celle qui est nécessaire dans les rizières ordinaires.

Les graines de cette variété de riz que M. Llaurado a pu se procurer, ont été réparties entre plusieurs localités. Il en a distribué à l'Institut agricole de San-Isidoro, aux environs de Barcelone, à Portos dans le delta de l'Èbre, à Valence, à Séville, à Murcie. Les résultats donnés par ces essais ont été très divers : ici, ils ont dépassé toutes les espérances qu'on avait pu concevoir ; là, ils ont été faibles ; mais M. Llaurado attribue à la mauvaise qualité des graines une grande part dans quelques-uns des échecs qu'il a dû constater. En somme, il est probable que l'on pourra cultiver avec avantage cette variété de riz dans les pays de l'Europe méridionale. Son introduction présenterait deux avantages principaux. En premier lieu, on pourrait consacrer des surfaces beaucoup plus considérables à la culture du riz, car la nouvelle variété n'exige, pour bien venir, qu'une quantité d'eau correspondant à un litre par hectare et par seconde, tandis que la variété communément cultivée demande une quantité d'eau correspondant à $2^{l},45$ par hectare et par seconde. En deuxième lieu, l'insalubrité qui s'attache aux rizières, et qui est telle que la population des régions où l'on cultive le riz est sujette à des fièvres paludéennes constantes, disparaîtrait ou du moins serait considérablement atténuée par l'adoption de la méthode des arrosages intermittents.

Cet exposé a été suivi de détails intéressants sur les irrigations en Espagne. M. Llaurado a constaté que, en Espagne comme dans la France méridionale, la valeur des terres décuple quand on peut les soumettre à des arrosages réguliers. On cite des sols, dont la valeur, presque nulle avant qu'ils pussent être irrigués, a atteint et même dépassé 30 000 francs par hectare, quand ils ont été soumis à l'arrosage ; la vigne est la seule plante qui, en dehors des irrigations et dans quelques cas spéciaux, puisse donner une semblable valeur à la terre. Aussi les travaux entrepris pour emmagasiner les eaux et les diriger, par des canaux, suivant les besoins des cultures, sont-ils nombreux dans presque toutes les parties du pays ; les uns remontent aux Maures, les autres sont de création plus moderne. On cite des fleuves, comme le Xucar, la Turía, dont toutes les eaux sont captées pour les besoins de la culture, et dont le lit est absolument sec à l'étiage, aucune goutte d'eau n'étant laissée inutile ; dans les montagnes d'Andalousie, on

a établi des bassins-réservoirs gigantesques, dont la largeur dépasse 100 mètres, et dont les murailles s'élèvent à une hauteur de 70 mètres; on a construit d'innombrables canaux, dont un des plus importants, le canal impérial d'Aragon, arrose près de 30 000 hectares. Aujourd'hui l'attention s'applique principalement à la question des reboisements. Cette opération est d'autant plus urgente que la plus grande partie des forêts espagnoles ont été détruites, soit pour satisfaire aux besoins financiers de l'État, soit par ceux qui les avaient achetées après la confiscation des biens de mainmorte. M. Llaurado signale quelques-unes des difficultés que soulèvent les essais de reboisement; la principale est dans la sécheresse extrême de l'air pendant l'été, qui oppose un obstacle sérieux au développement des jeunes plants.

M. Ladureau, directeur de la station agronomique de Lille, a chargé M. Alfred Renouard, notre collaborateur, de présenter au congrès une étude sur les causes de la diminution de la culture du lin en France. Les lecteurs des *Annales* connaissent cette étude[1], nous n'avons donc pas à y insister. Mais il faut ajouter que la lecture de cette note a été suivie d'une intéressante discussion sur les phénomènes qui se produisent dans la dégénérescence des plantes cultivées. Ainsi, M. Renouard a rappelé que, dans le département du Nord, le renouvellement des graines de lin s'impose d'une manière absolue. Dès la troisième année, la graine provenant des récoltes obtenues en France ne donne plus qu'un produit inférieur, tant sous le rapport de la proportion des graines qui ont germé que sous le rapport de la hauteur des tiges.

D'autres causes influent aussi sur la culture de cette plante : la filature recherche surtout aujourd'hui les gros lins que la Russie produit beaucoup plus avantageusement que toutes les autres parties de l'Europe; il en résulte que la production du lin tend à se concentrer aujourd'hui en Russie ; il n'y a d'exception à faire que pour quelques parties du département du Nord et de la Hollande, qui donnent des lins d'une finesse exceptionnelle. D'ailleurs, en ce qui concerne la graine, l'expérience a démontré qu'il y a avantage à la faire venir des pays septentrionaux.

Quels sont, d'une manière générale, les avantages qui résultent, pour la plupart des plantes cultivées, du renouvellement des se-

1. Voir les *Annales agronomiques* du 25 juillet 1883, page 280 de ce volume.

mences? Est-ce une nécessité ou n'y aurait-il pas, dans l'opinion presque universellement admise, une de ces traditions qui ne se justifient pas? Cette question a donné lieu à une discussion à laquelle ont pris part MM. le baron DURANTEAU, DIDIER, BIDARD, et que M. DEHÉRAIN a résumée, en constatant que c'est une question encore mal élucidée et sur laquelle il reste beaucoup à apprendre.

S'appuyant sur les recherches auxquelles il s'est livré, avec M. Maquenne, sur les ferments de terres arables, M. DEHÉRAIN a présenté à la section d'Agronomie des observations tout à fait originales sur la question des eaux d'égout qui présente une grande importance, et qui paraît être aujourd'hui, pour la ville de Paris, un des plus inextricables problèmes d'hygiène publique. Il commence par rappeler ses expériences sur la réduction des nitrates dans le sol. Cette réduction est due à une série de réactions provoquées par un ferment anaérobie, de l'ordre des ferments butyriques. Si l'on mélange du sucre, du carbonate de chaux et de la terre arable dans un grand vase rempli d'eau maintenue à la température de 35°, on voit d'abord se produire un dégagement abondant d'acide carbonique et d'hydrogène; le liquide, examiné au microscope, fourmille de vibrions. La fermentation se ralentit bientôt, mais elle se continue pendant vingt à trente jours. Lorsque tout le sucre a disparu, on distille; dans les produits de la distillation, on recueille de l'alcool éthylique et de petites quantités d'autres alcools, notamment de l'alcool amylique. On trouve dans le liquide, à l'état de sels de chaux, de l'acide acétique, de petites quantités d'acide propionique et des quantités notables d'acide butyrique. La conclusion de ces expériences est que le nombre des ferments contenus dans la terre arable est plus grand qu'on ne le supposait. Au ferment nitrique dont MM. Schlœsing et Muntz ont démontré la présence dans la terre arable, il faudrait ajouter un ferment alcoolique et un ferment butyrique.

Une deuxième conclusion s'impose : c'est que le fait de la conservation des germes, par la terre arable, constaté par M. Pasteur pour le germe du charbon, s'étend aussi à d'autres ferments. Or, cette conservation peut présenter des inconvénients sérieux, lorsqu'il s'agit des germes contenus dans les eaux d'égout. En effet, d'après le système dit du *tout à l'égout*, préconisé aujourd'hui par les ingénieurs, les eaux des égouts renfermeraient la totalité des vidanges de toutes les maisons d'habitation; ces eaux seraient

utilisées pour l'irrigation des terres cultivées. Or, ces liquides, en cas de maladie épidémique, pourraient contenir, en grande proportion, le germe de la maladie, lequel serait conservé par la terre sur laquelle ces eaux seraient répandues. Par exemple, on sait que la fièvre typhoïde peut être transmise par des eaux que les déjections des malades ont contaminées ; il semble donc qu'il y aurait un danger réel à répandre sur le sol des liquides qui renfermeraient les germes de cette maladie, puisque ces germes pourraient y être conservés. Au contraire, dit M. Dehérain, le procédé de fabrication du sulfate d'ammoniaque par la distillation des vidanges présente cet avantage que, le liquide étant soumis à l'action du feu, les germes qu'il renferme sont détruits, au grand avantage de la santé publique. D'ailleurs, la méthode du *tout à l'usine* présente l'immense avantage de conserver tout l'azote combiné que renferment les vidanges, et de le rendre propre à satisfaire à tous les besoins de l'agriculture; tandis que, les irrigations par les eaux d'égout étant fatalement intermittentes, il y aura toujours de ce côté une perte notable d'une partie des matières fertilisantes qu'elles renferment. Il resterait à perfectionner les procédés de traitement industriel des vidanges, afin de faire disparaître les inconvénients que présentent la plupart des usines actuelles.

### II. — Séance du 18 août.

Après une communication de M. Bidard sur la composition des terres arables, dont les éléments essentiels sont, pour lui, le sable et l'oxyde de fer, avec une proportion variable de matières organiques, nous avons entretenu la section des progrès qu'a réalisés, depuis quelques années, la pratique de la conservation des fourrages à l'état vert, par l'ensilage.

Cet exposé avait pour occasion la publication de la 4e édition du *Manuel de la culture et de l'ensilage des maïs et autres fourrages verts*, par M. A. Goffart. On peut dire que, de tous temps, on a cherché les procédés propres à la conservation des végétaux à l'état frais; mais les procédés auxquels on était arrivé n'étaient, en réalité, que des procédés barbares. On pouvait obtenir la conservation d'une partie du fourrage, mais à la condition de sacrifier le reste, souvent la plus forte proportion, à la pourriture et à la décomposition. De plus, on allait toujours en aveugle, et on ne pouvait jamais

prévoir la quantité de fourrage que l'on conserverait intacte et bonne à être consommée. Or, un procédé n'est réellement pratique que lorsque les résultats qu'il donne sont certains et que le cultivateur peut prévoir, sans crainte de se tromper, les conséquences de l'opération à laquelle il se livre. C'est, en réalité, en France, que cette découverte a été faite; elle est due à un agriculteur distingué de Sologne, M. Auguste Goffart. Après de nombreuses années de recherches, il est arrivé à constater que la condition absolue de la conservation des fourrages à l'état vert, était de les soumettre, dans le silo, à une pression énergique et continue. Couper les fourrages le plus rapidement possible, les hacher s'ils sont gros, afin que le tassement soit régulier, et dès que le silo est rempli, le recouvrir de planches ou de madriers auxquels on superpose des matériaux quelconques, de manière à obtenir un poids de 400 kilogrammes environ par mètre carré, telles sont les conditions qu'il faut remplir pour obtenir le succès.

On doit, par tous les moyens à sa disposition, empêcher l'eau de pénétrer dans le silo. Les essais de M. Goffart et de ses premiers imitateurs ayant été faits en Sologne, où le plan de l'eau souterraine est très voisin de la surface, on dut, pour empêcher l'invasion de l'eau, bétonner le fond des silos et en construire les parois en maçonnerie épaisse. Beaucoup d'agriculteurs crurent que ces constructions étaient la condition essentielle du succès, dans toutes les circonstances, et ils reculèrent devant la dépense. C'est pourquoi la pratique de l'ensilage ne pénétra d'abord que dans quelques grandes fermes. Mais elle présente de tels avantages que, dans la plupart des pays étrangers, on n'a pas tardé à l'adopter; c'est en Amérique qu'elle a rencontré le plus d'enthousiasme; en Angleterre, où l'on n'a généralement qu'une médiocre confiance pour ce qui vient du continent, on a été plus lent à pratiquer l'ensilage, mais il se manifeste aujourd'hui un élan très remarquable en faveur de cette méthode. Il est démontré désormais que les silos en maçonnerie ne sont indispensables que lorsque l'on a lieu de craindre l'envahissement de l'eau; quand le sol est suffisamment sec et profond, on peut construire le silo en planches, en l'entourant d'un fossé, ou même le creuser simplement dans la terre et en faire les parois supérieures avec de la terre. Mais, dans tous les cas, la condition essentielle du succès est dans une couverture mobile exerçant une pression énergique et continue sur toute la partie supérieure

de la matière ensilée, pression qui en assure le tassement régulier.

M. Fortier, en confirmant les détails qu'on vient de lire, a rappelé que la Normandie compte plusieurs agriculteurs pratiquant l'ensilage : M. le comte Rœderer, notamment, dans le département de l'Orne, s'est placé au premier rang des imitateurs de M. Goffart; M. le vicomte de Chézelles peut être cité aujourd'hui comme un de ceux qui ont obtenu les succès les plus éclatants. Partout on a constaté que le tassement régulier et continu est la condition indispensable d'une bonne conservation des fourrages mis dans le silo.

M. Dehérain, après avoir rappelé les recherches de M. Lechartier sur les changements que l'ensilage peut exercer sur la conservation des fourrages verts, a émis l'idée ingénieuse que la cause de la nécessité du tassement était probablement dans ce fait que, en empêchant par la pression le renouvellement de l'air dans la masse ensilée, on arrête le développement des ferments aérobies, c'est-à-dire ayant besoin de l'oxygène de l'air pour vivre, qui sont sans doute la cause des élévations de température dangereuses qui se produisent dans les fourrages rentrés verts; sans oxygène, les moisissures qui exercent habituellement une influence nuisible, ne peuvent se développer et on conçoit que dans les silos bien construits la conservation des fourrages soit parfaite.

Après cette discussion, M. Houzeau, directeur de la station agronomique de Rouen, a fait connaître les recherches auxquelles il s'est livré pour trouver une méthode susceptible de permettre le dosage rapide de l'azote total dans une substance organique. Ce n'est pas ici le lieu de rappeler les différentes méthodes dont on se sert pour doser l'azote, soit à l'état ammoniacal et organique, soit à l'état nitrique. Il suffira de dire, pour faire apprécier le travail de M. Houzeau, que l'on n'était pas encore en possession d'une méthode permettant de faire rapidement le dosage de l'azote total. Le procédé indiqué par un chimiste allemand, Rouffe, d'ajouter de l'acétate de soude à la chaux sodée pour transformer l'azote nitrique en ammoniaque, n'a donné que des résultats incertains. M. Houzeau, prenant la question à ce point, a imaginé d'ajouter à la chaux sodée un mélange, à poids égaux, d'acétate et d'hyposulfite de soude. Sous l'action de la chaleur, tout l'azote nitrique du produit qu'on veut analyser est transformé en ammoniaque. Entre les mains de M. Houzeau, ce procédé a donné des

résultats très satisfaisants; par exemple, en soumettant du nitrate de soude chimiquement pur à l'analyse, il a dégagé tout l'azote sans aucune perte.

Pour permettre d'exécuter rapidement, dans les stations agronomiques, les dosages d'azote, M. Houzeau a construit ce qu'il appelle une batterie azotimétrique. C'est la réunion, dans un petit appareil, de quatre tubes à dosage d'azote étirés à l'extrémité pour favoriser le dégagement de l'ammoniaque qui se dissout dans de l'eau à laquelle on ajoute un fragment de papier imprégné de tournesol; on suit le dégagement et on sature à mesure à l'aide d'une pipette renfermant de l'acide sulfurique dont le titre est tel qu'une division correspond à un milligramme d'azote; en lisant le nombre de divisions employées, on a immédiatement le titre de l'engrais. C'est une transformation de l'ancien azotimètre de M. Houzeau. Avec la batterie azotimétrique, l'habile chimiste estime qu'on peut faire trente dosages par jour.

La station agronomique de Rouen, récemment créée par le département de la Seine-Inférieure, est d'ailleurs parfaitement disposée pour que tous les travaux d'analyses d'une part, de recherches d'autre part, soient exécutés facilement et dans les conditions les plus favorables. M. Houzeau a su profiter habilement de toutes les parties du local construit pour la station. Son laboratoire a été immédiatement outillé, sans luxe inutile, mais avec les aménagements les mieux compris. Dans peu d'années, lorsque les instruments de travail seront complets, la station agronomique de Rouen n'aura rien à envier aux plus célèbres établissements du même ordre.

### III. — Séance du 22 août.

M. Schmitt expose les procédés qu'il a suivis pour reconnaître si un beurre soumis à l'analyse a été ou non falsifié par une addition d'oléomargarine.

La méthode qu'il emploie n'est au fond qu'une modification de celle indiquée il y a déjà plusieurs années par M. Lechartier et publiée ici même[1]; M. Schmitt prend une petite quantité de beurre, saponifie, puis décompose le savon formé par de l'acide phosphorique et distille de façon à recueillir les acides volatils qui

1. *Ann. agron.*, tome I, p. 456.

existent toujours dans le beurre et font défaut dans l'oléomargarine; les acides volatils distillés sont dosés au moyen d'une liqueur titrée de potasse; ce procédé appliqué à du beurre pur a montré qu'il renferme 5 p. 100 environ d'acides volatils. On conçoit d'après cela qu'on peut déduire de la quantité d'acides volatils extraits la proportion de beurre pur que contient l'échantillon.

M. Lechartier, professeur à la faculté des sciences de Rennes et directeur de la station agronomique d'Ille-et-Vilaine, entretient la section des importants travaux qu'il a entrepris depuis plusieurs années sur la végétation du sarrasin.

Ces mémoires ayant été insérés dans ce recueil même[1], nous nous bornerons à rappeler que le savant agronome a très bien montré à quelles causes il faut attribuer les divergences de composition qu'on observe dans la paille de sarrasin; cette plante subit des variations dues à l'influence de la saison et à l'abondance plus ou moins grande des matières alimentaires que le sol lui fournit, mais aussi à son mode particulier de végétation.

Tandis que dans les céréales, telles que le blé ou l'avoine, aussitôt que la floraison a eu lieu, les principes contenus dans la tige se dirigent vers les ovules fécondés et qu'ainsi les organes foliacés s'appauvrissent régulièrement, dans le sarrasin les choses se passent moins simplement: la floraison est successive, la plante porte à la fois des fleurs, des graines mûres et des feuilles en pleine activité, et la composition de la paille varie naturellement avec la proportion relative de ces divers organes. Dans le sarrasin, le poids de la paille comparé à celui du grain varie d'une année à l'autre et même d'un champ à l'autre dans des proportions considérables, suivant la nature du terrain et l'époque des semis. Tandis que la graine se rapproche toujours, par la composition, de celles des céréales, la paille peut devenir l'analogue des plantes fourragères qu'on coupe en pleine floraison.

*De l'épuisement des terres par la culture*, telle est l'importante question qui a été traitée par M. Dehérain pour terminer les séances de la section d'agronomie. L'auteur rappelle qu'il existe nombre de terres qui n'ont plus aujourd'hui la fertilité dont elles jouissaient jadis; telles sont les plaines que parcourent le Tigre et l'Euphrate, la Judée, la Sicile et notre Algérie, et il cherche à quelles

1. *Ann. agron.*, tome VI, p. 149 et tome VII, p. 376.

causes on peut attribuer leur stérilité actuelle. Cette recherche est loin d'être oiseuse, car il est intéressant de savoir si le système de culture que nous suivons actuellement est de nature à maintenir la fertilité de nos terres d'Europe, ou si au contraire nous devons assister à un épuisement graduel qui les conduira à une complète stérilité.

On a très souvent pensé que la stérilité était due à l'épuisement du sol en acide phosphorique et en potasse. M. Dehérain rappelle à ce sujet que la seule cause des pertes de ces deux substances est l'assimilation par les végétaux, car on ne trouve ni l'une ni l'autre de ces deux matières dans les eaux de drainage, elles sont bien retenues par la terre arable; or les quantités d'acide phosphorique et de potasse prélevées par les récoltes sont relativement minimes, elles s'élèvent à une cinquantaine de kilos par hectare et par an pour de bonnes récoltes de céréales, et les analyses exécutées sur la plupart de nos sols cultivés par MM. de Gasparin, Schlœsing et l'auteur, montrent qu'habituellement nos sols renferment des réserves telles qu'il n'y a aucun danger pour l'avenir. Les craintes au sujet de l'épuisement du sol en aliments minéraux sont d'autant plus vaines qu'on a trouvé d'immenses gisements de phosphates en France, en Angleterre, en Espagne et en Russie, qu'en outre les eaux de la mer et le gisement de Stassfurth peuvent fournir à la culture des quantités indéfinies de potasse si le besoin s'en faisait sentir.

M. Dehérain n'hésite pas à dire que, à ses yeux, l'emploi de ces deux substances est aujourd'hui exagéré; il combat la doctrine de la restitution absolue telle qu'elle a été professée par Liebig, il pense que les engrais ne doivent être employés que là où ils déterminent un supplément de récoltes suffisant pour payer et au delà la dépense qu'ils occasionnent.

Il ne paraît pas au reste que le manque de potasse et d'acide phosphorique soit la cause de la stérilité actuelle des terres anciennement cultivées, car les essais d'engrais chimiques qui ont été faits en Algérie n'ont en général fourni que des résultats peu avantageux.

De tous les aliments que le sol fournit aux plantes, les plus importants sont les aliments azotés. Or ceux-ci sont soumis à des causes de déperdition autrement puissantes que les prélèvements des récoltes; en effet, sous l'influence du ferment nitrique, la ma-

tière azotée passe à l'état de nitrates, qui n'étant pas retenus par la terre arable, comme l'acide phosphorique et la potasse, se retrouvent en quantité notable dans les eaux de drainage; le ferment nitrique est aérobie, il lui faut de l'air pour métamorphoser les sels ammoniacaux ou les matières azotées en nitrates, aussi fonctionne-t-il d'autant plus énergiquement que le sol est mieux aéré, qu'il est labouré plus fréquemment; M. Dehérain a reconnu qu'en sept ans des terres de Grignon travaillées chaque année à la charrue pour porter du maïs fourrage ou des pommes de terre et du blé, avaient perdu un quart de l'azote combiné qu'elles renfermaient.

Il n'en est plus ainsi dans les terres maintenues en prairies : la quantité d'azote qu'elles contiennent, au lieu de diminuer comme dans les terres labourées, reste stationnaire ou même augmente légèrement; de là la richesse en azote des sols de prairie, constatée par tous les observateurs. On voit déjà que la culture continue des céréales est une cause d'épuisement du sol, non pas tant à cause des prélèvements des récoltes, que par suite de la transformation de la matière azotée en nitrates entraînés dans le sous-sol, provoquée par la nécessité des labours fréquents et on comprend dès lors comment le sol de la Sicile, par exemple, qui, pendant des siècles, a porté le blé qui servait à l'alimentation de Rome, ait pu perdre l'azote combiné qu'il renfermait à l'origine.

L'aération continuelle du sol par les labours présente encore un autre danger : elle détermine la combustion de l'humus; dans les expériences de culture continue du maïs ou des pommes de terre et du blé exécutées à Grignon, M. Dehérain a reconnu qu'en sept ans le carbone des matières organiques avait baissé de près des deux tiers; or cette matière organique, qui se détruit si rapidement, possède une propriété éminemment précieuse, elle se gonfle d'eau comme une éponge pendant la pluie et permet à la terre qui la renferme de résister à la sécheresse. La sécheresse est, en effet, le plus grand ennemi de la plante; l'auteur rappelle qu'en une heure d'exposition au soleil une feuille perd un poids d'eau égal au sien, qu'une plante herbacée qui, à la fin de sa vie, a élaboré un kilogramme de matière sèche, a fait circuler dans ses tissus de 250 à 300 kilogrammes d'eau.

La véritable cause d'épuisement des terres arables très longtemps cultivées en céréales est donc, d'après M. Dehérain, la destruction de l'humus par oxydation. Ces terres deviennent ainsi inca-

pables de retenir l'eau et de résister à la sécheresse; celle-ci est, au reste, d'autant plus à craindre que la stérilité des terres anciennement cultivées conduit les habitants à chercher des terres neuves et par suite à défricher les forêts ; c'est ce qui est arrivé en Algérie presque entièrement déboisée aujourd'hui; or la forêt exerce sur l'abondance de la pluie une influence marquée et un pays dépouillé de bois reçoit une quantité de pluie bien inférieure à celle d'un pays couvert de forêts.

Appliquant les considérations précédentes à l'Algérie, M. Dehérain arrive à cette conclusion que, pour rendre aux sols actuellement stériles de notre France africaine leur fertilité passée, il suffit de leur donner de l'eau. En exécutant des barrages dans les montagnes de façon à utiliser toutes les eaux disponibles, on pourra créer des prairies et reconstituer l'humus; si quelques engrais artificiels sont nécessaires, le marché est largement approvisionné et rien ne sera plus facile que de les acquérir. Enfin en reboisant, on augmentera la quantité d'eau de pluie et on fera une œuvre infiniment plus utile qu'en dépensant des millions à construire des villages, comme il semble que veuille le faire l'administration algérienne[1].

### IV. Excursion à la ferme laitière de Longuerue.

La laiterie fait depuis longtemps une des principales richesses de la Normandie; la transformation du lait en beurre et en fromages de diverses sortes y a atteint une perfection qu'accuse la valeur marchande de ces produits. Depuis quelques années, l'attention des agriculteurs s'est portée de plus en plus sur la production des fourrages et celle des animaux domestiques. Le département de la Seine-Inférieure, dans beaucoup de ses parties, n'avait pas pris, principalement à cause de la nature de son sol, dans la production herbagère, une place aussi importante que le reste de la Normandie; mais depuis vingt ans, et particulièrement dans ces dernières années, un mouvement accentué s'est prononcé : partout on voit de nouveaux pâturages en formation. L'enherbement s'y fait facilement : mais il faut plusieurs années pour que les graminées spéciales et le petit trèfle, qui font le fond des herbages normands,

1. Cette importante question a été l'objet de plusieurs des leçons professées au Muséum en 1883 quelques-unes d'entre elles ont été publiées dans la *Revue scientifique*, n. 6, 9, 14 et 15 du 2e volume de 1883.

aient pris le dessus sur les autres plantes. Il a été donné à la section d'Agronomie de constater ce mouvement dans l'excursion que la Société centrale d'agriculture de la Seine-Inférieure, sur l'initiative de M. Fortier, lui a permis de faire à la ferme laitière de M. de la Londe, au château de Longuerue, petite commune de l'arrondissement de Buchy.

Cette excursion avait, d'ailleurs, pour but d'étudier l'installation de la nouvelle laiterie que M. de la Londe a établie récemment, d'après le système danois. On sait que, pendant que nous restions confinés dans les anciens procédés de fabrication du beurre qui exigent à la fois beaucoup de temps et beaucoup de main-d'œuvre, les agriculteurs des pays septentrionaux ont imaginé des méthodes qui ont accéléré, dans des proportions très remarquables, la fabrication du beurre, tout en en maintenant la qualité, et même, disent-ils, en l'augmentant. Le résultat a été que la production et le commerce des beurres danois ont pris une très grande extension, et que, sur les marchés anglais, ils ont fait et ils font une concurrence très vive à nos beurres normands, souvent même avec succès.

Les procédés de fabrication qui sont aujourd'hui adoptés en Danemark ont été souvent décrits, mais leur emploi, en France, ne remonte guère qu'à l'année 1882. La première laiterie danoise a été installée, dans le Vexin, à Vesly, près de Gisors, par M. Baquet, agriculteur actif, qui est allé, sur les lieux, se rendre compte de tous les détails de la fabrication du beurre. Les appareils dont il se sert lui ont été fournis par M. Pilter. La deuxième laiterie de ce genre a été celle de Longuerue, établie par M. de la Londe. Il y en a une dizaine d'autres, qui fonctionnent depuis quelques mois.

Les pratiques de la laiterie danoise se réduisent à deux caractères principaux : accélération du travail, propreté méticuleuse dans toutes les opérations. Pour obtenir ce double résultat, un matériel spécial a été construit. Ce matériel sert d'une part à l'écrémage du lait, et d'autre part à la fabrication du beurre.

Pour l'écrémage du lait, on a adopté d'abord le procédé d'écrémage par le froid, du docteur Schwarz. A ce système se substitue de plus en plus l'écrémage par les turbines ou appareils centrifuges ; c'est celui qui est le plus adopté aujourd'hui chez nous. On compte plus de 150 turbines de Laval disséminées dans des laiteries de toutes les parties de la France : nous en avons vu aux environs de Paris, à Bordeaux, etc., fonctionnant dans des laiteries dont

les spéculations sont les plus variées ; c'est celle que nous retrouvons chez M. de la Londe. — La turbine de Laval est un vrai bijou de mécanique ; elle tient peu de place, sa hauteur ne dépassant pas un mètre, et sa largeur 40 centimètres. Dans un vase semi-cylindrique sont posées deux calottes, se recouvrant l'une l'autre. Ces calottes sont fixes, tandis que le vase tourne sur son axe avec une grande rapidité. Le lait est introduit par un tuyau central qui descend près du vase. Sous l'action de la force centrifuge développée par le mouvement de rotation, le lait se partage en deux parties : le lait maigre, plus lourd, est projeté vers la circonférence, tandis que la crème, qui est plus légère, s'amasse autour de l'axe. Comme le lait naturel arrive sans interruption, le lait maigre est chassé, à la circonférence, dans un tuyau qui débouche dans la première chambre, d'où il s'écoule au dehors par un orifice latéral. Quant à la crème, elle remonte par un tube concentrique au tuyau central d'approvisionnement, et arrive dans la deuxième chambre d'où elle s'échappe au dehors. La crème et le lait maigre sont donc absolument séparés et recueillis à part. L'appareil est très simple ; l'important est que la turbine tourne à raison de 5000 à 6000 tours par minute. On obtient ce résultat, en la faisant marcher soit par une petite machine à vapeur, soit par un manège. Chez M. de la Londe, deux turbines travaillent simultanément, elles écrèment chacune environ 200 litres de lait à l'heure. On peut écrémer le lait aussitôt après la traite. Le travail est continu, et se fait sans interruption, tant qu'on fournit du lait à la turbine.

La crème, recueillie dans de grands vases, est portée dans une pièce froide, où elle séjourne pendant vingt-quatre heures. Le beurre fabriqué avec la crème qui vient d'être séparée n'a pas d'arome ; cet intervalle de temps est nécessaire pour que l'arome se développe dans la crème. Le lendemain matin, on fabrique le beurre. Le matériel de fabrication comprend cinq appareils : une baratte, une auge, une table en forme de boîte, un malaxeur et un moule à beurre. Tous ces appareils sont réunis dans la même salle.

La baratte danoise affecte la forme d'un tronc de cône vertical. A travers le couvercle passe un axe tournant, muni de palettes ; c'est par ces palettes que la crème est battue. La baratte est posée, vers son milieu, sur deux tourillons sur lesquels elle peut basculer. Les palettes, dans les grandes barattes, comme celle de Longuerue, qui renferme 140 litres de crème, sont mues par la même machine

à vapeur qui fait marcher l'écrémeuse. Le baratage dure environ quarante-cinq minutes. On surveille l'opération, en soulevant de temps en temps le couvercle de la baratte.

Lorsque le barattage est achevé, on injecte, dans la méthode danoise, un peu de petit-lait dans la baratte, afin de réunir en masse les petits grumeaux de beurre. Les fermières normandes ont, au contraire, l'habitude de laver le beurre à grande eau, c'est ce qui se pratique à Longuerue. M. de la Londe avait commencé par adopter, d'une manière complète, la méthode danoise; mais, au commencement de l'été, il remarqua que le beurre mal lavé se malaxait mal, à cause de son état de mollesse, et qu'il se vendait moins bien; il revint donc à l'eau, et il s'en est bien trouvé.

On fait basculer la baratte pour faire tomber le beurre dans un tamis placé au-dessus d'un seau. De là, on le transporte dans une auge allongée en bois de hêtre, dont le fond est percé d'une ouverture pour l'égouttage du petit-lait. La fermière prend des spatules en bois légèrement cannelées, elle frappe et pétrit le beurre et en fait des boules de la grosseur des deux poings, qu'elle aligne sur la table à rebords placée près de l'auge. Là, le beurre se raffermit pendant quelques minutes. En hiver, ce raffermissement se fait naturellement sous l'influence d'une basse température; en été, il en est autrement. Aussi, en Danemark, on fait des provisions de glace, et on s'en sert pour placer le beurre dans une atmosphère refroidie. A cet effet, sur les rebords de la table qui porte les boulettes de beurre, on place une deuxième boîte dans laquelle on met quelques morceaux de glace; par-dessus, on met une troisième boîte renfermant du beurre, et on y superpose une autre boîte renfermant de la glace. Au bout d'un temps qui varie avec la température ambiante, le beurre est raffermi et peut être malaxé. En France, on devra adopter ce système. Pour avoir de la glace, on pourra conserver celle de l'hiver dans des glacières, ou bien en fabriquer avec une petite machine Carré que la machine à vapeur mettra en mouvement, ou bien encore en acheter; en Normandie, on peut se procurer de la glace de Norvège, à Dieppe ou à Fécamp, à 5 ou 6 francs les 100 kilogrammes.

Le but du malaxage est d'enlever complètement le petit-lait qui reste dans le beurre. Le malaxeur consiste en une table circulaire en hêtre, tournant sur son axe sous l'action d'une manivelle qui engrène une couronne dentée fixée sur la circonférence de la table.

Cette manivelle fait tourner aussi un levier à ailettes fixé sur la table. Pendant qu'une servante tourne la manivelle, la fermière jette une motte de beurre sur la table; cette motte est saisie par les ailettes, comprimée et aplatie; le petit-lait sort et tombe par une gouttière dans un seau placé sous la table. On fait passer le beurre plusieurs fois jusqu'à ce qu'il n'en sorte plus de petit-lait.

Le travail est achevé; il n'y a plus qu'à mettre le beurre en moule pour faire la motte qu'on doit porter au marché. Ajoutons que, dans toutes les opérations, on ne touche le beurre qu'avec les spatules en buis dont nous avons parlé, et que le contact des mains de la fermière et de la servante est absolument proscrit.

Le lait écrémé qui sort de la turbine sert à faire des fromages: on le met immédiatement en présure; puis on moule le caillé. Chez M. de la Londe, on en fait des bondons et des malakoffs, mais ce sont des fromages extrêmement maigres. Les résidus de la fromagerie servent à nourrir les porcs.

Quels sont les résultats de cette transformation des procédés de la laiterie? On fait du beurre tout aussi bon, plus vite et à moins de frais. Mais, pour que l'opération réussisse, il faut travailler de grandes quantités de lait. Dans les deux fermes que nous connaissons, on écrème chaque jour: à Vesly, chez M. Baquet, 1500 à 1600 litres de lait; à Longuerue, chez M. de la Londe, environ 800 litres. Ces agriculteurs n'ont pas des étables suffisantes pour avoir cette énorme quantité de lait, mais ils en achètent autour d'eux, en le payant au prix correspondant à celui que payerait le beurre. Le producteur a autant de bénéfices, et il est débarrassé du travail de la fabrication. L'association apparaît donc ici comme le facteur indispensable du progrès dans la laiterie. C'est d'ailleurs ce qui se pratique en Danemark, où les petits cultivateurs s'associent pour faire leur beurre en commun. La fromagerie a donné, en France, de nombreux exemples de succès par l'association dans les fromageries de la Franche-Comté, des Alpes, et plus récemment des Pyrénées. L'association pour la fabrication du beurre donnera certainement des résultats aussi heureux. Toutefois, si l'on emploie, pour l'écrémage, la méthode du froid, au lieu de la turbine centrifuge, on peut monter une laiterie pour une étable de dix à douze vaches, moyennant une dépense qui ne dépasserait pas 800 à 1000 francs; les frais deviennent beaucoup moins élevés, et cette opération est à la portée d'un grand nombre d'agriculteurs.

### V. — Excursion à Gouville.

Une excursion fort intéressante a été faite au château de Gouville, sur la commune de Claville-Motteville, à quelques lieues de Rouen. M. le comte de Germiny, propriétaire de cet important domaine, y a créé quelques-unes des plus belles collections horticoles connues, et un établissement de pisciculture qui est en pleine prospérité. Dans l'entretien de ces créations, il est secondé par son gendre, M. d'Halloy, qui y consacre une grande activité et des connaissances approfondies.

Les serres de Gouville comptent au premier rang des plus belles et des plus riches, non seulement de France, mais d'Europe. Les collections qu'elles renferment, notamment celles des orchidées, font l'admiration des horticulteurs et des botanistes.

Pour la production des poissons, M. de Germiny a utilisé la Cailly, petite rivière qui traverse, sur une longueur de 3 kilomètres, son domaine d'une étendue de 250 hectares. Des rigoles de dérivation, des bassins, des canaux, ont été creusés. Un vaste réservoir, qui couvre, près de 5 hectares, a été formé en endiguant un vallon. Partout, on se rapproche autant que possible des condi, tions naturelles; les bassins et les rigoles sont creusés simplement dans le sol de la prairie; on a reconnu que ceux qui sont bétonnés donnent de moins bons résultats.

C'est principalement à la production de la truite, de l'ombre-chevalier, et plus récemment du saumon de Californie, que s'adonnent MM. de Germiny et d'Halloy. Les premiers œufs nécessaires ont été fournis par l'établissement de pisciculture d'Huningue, créé par la France en Alsace. Les procédés les plus perfectionnés de l'incubation ont été appliqués, avec quelques modifications exigées par les circonstances locales.

Les résultats ne se sont pas fait attendre. Quatre ans après les premiers essais de Gouville, on pêchait dans la Cailly, qui se jette dans la Seine à quelques kilomètres de Gouville, des truites pesant de 2 à 3 kilog.; or, depuis plus de cinquante ans, ce poisson délicat avait disparu de la rivière. Au moment de l'excursion de l'Association française, les bassins et les rigoles du domaine renfermaient, outre les poissons arrivés à leur complet développement, 5000 à 6000 truitons de dix-huit mois, pesant en moyenne 100 à

200 grammes, et une innombrable quantité d'alevins de l'année, mesurant 5 à 6 centimètres, qui fourmillaient dans les rigoles couvertes et grillées qui leur sont spécialement réservées.

En 1882, au congrès de la Rochelle, nous avons entendu une importante communication de M. Chauvet, sur les résultats obtenus à Nanteuil-en-Vallée; à Rouen, nous trouvons l'établissement de Gouville. C'est une preuve que l'initiative privée est, en ce qui concerne la production des poissons, dans la voie du progrès, et que l'on arrivera, en France, à réaliser les résultats obtenus en Écosse, en Hollande, dans le grand-duché de Luxembourg, et au delà de l'Atlantique, aux États-Unis d'Amérique.

### VI. — Le congrès de 1884.

Le prochain congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences se tiendra à Blois, au mois d'août 1884. Les travaux de la section d'Agronomie y seront présidés par M. Barral.

Le congrès de Blois sera présidé par M. Bouquet de la Grye, président de l'Association pour l'année 1883-84. — M. Grimaux, professeur à l'École polytechnique et à l'Institut national agronomique, remplira les fonctions de secrétaire général de l'Association.

Les élections qui ont terminé le congrès de Rouen, ont porté à la vice-présidence M. le D[r] Verneuil, de la Faculté de médecine de Paris, et au vice-secrétariat M. le D[r] Napias, de la Société d'hygiène.

# RECHERCHES DE L'AZOTE

DANS

# QUELQUES-UNS DES CHAMPS D'EXPÉRIENCES DE ROTHAMSTED

CONSÉQUENCES QU'ON EN PEUT TIRER RELATIVEMENT A L'ORIGINE DE L'AZOTE DE NOS RÉCOLTES

PAR

**Sir J.-B. LAWES**

F. R. S. Membre correspondant de l'Institut de France

et

**Dr J. GILBERT**

F. R. S. Membre correspondant de l'Institut de France.

**Lu à la section de chimie au meeting de l'Association américaine pour l'avancement des sciences, tenu à Montréal en août 1882.**

(*Suite*[1].)

LES LÉGUMINEUSES PUISENT-ELLES LEUR AZOTE DANS LE SOL?

Nous avons maintenant à rechercher l'origine de l'azote des légumineuses, et ici nous arrivons à la partie non seulement la plus importante, mais aussi la plus difficile de notre sujet.

La première des cultures de légumineuses dans laquelle la teneur en azote a été déterminée, est celle des fèves. Sans engrais azoté, leur richesse en azote était beaucoup plus grande pendant les premières années que celle des céréales, mais la décroissance fut rapide, et dans les dernières années leur teneur fut aussi faible que celle des céréales. Avec des engrais minéraux, renfermant de la potasse, pendant les dernières années, la teneur en azote fut plus forte que sans engrais, mais la décroissance fut aussi rapide que lorsqu'on ne donnait pas d'engrais minéraux. Bien que nous n'ayons que peu de déterminations de l'azote dans les sols, on a constaté cependant qu'il s'est produit dans la terre un épuisement graduel; mais en considérant la faible tendance qu'ont ces plantes à puiser leurs aliments dans les couches superficielles, on ne saurait affirmer que l'épuisement du sol est dû à l'action directe de la plante et non à la nitrification déterminant l'entraînement des nitrates dans le sous-sol.

### Azote dans les sols des parcelles cultivées en trèfles.

La plus importante des cultures de légumineuses pour le sujet traité est celle du trèfle rouge. Nous avons donné dans le tableau

1. Voy. page 393.

n° 1 la teneur en azote des récoltes durant vingt deux ans, de 1849 à 1870; mais dans cet espace de temps, elles ne réussirent que six fois. L'expérience a été continuée avec quelques modifications, jusqu'en 1877, c'est-à-dire pendant vingt-neuf ans, durant lesquels neuf fois sur dix de la dernière période, les plantes moururent pendant l'hiver et le printemps succédant au semis de la graine. Plusieurs petites récoltes ont été encore obtenues, et en mars 1881 des échantillons de sol furent pris en cinq places où des engrais sans azote avaient été appliqués au commencement des expériences; à chacune des places les échantillons furent pris dans trois couches de 22cc,5 chacune. Des échantillons exactement correspondant furent prélevés sur une parcelle voisine, qui avait été pendant trente ans soumise à l'alternance du blé et de la jachère, sans aucun engrais. L'azote fut déterminé dans chacun des cinq échantillons séparés, et aussi dans le mélange des cinq.

TABLEAU XIII. — HOOSFIELD. TRÈFLE, BLÉ ET JACHÈRE.

*Azote pour 100 dans la terre sèche jusqu'à 22cent,5.*

| | 1881 | |
|---|---|---|
| | Terre en trèfle. | Terre en jachère. |
| Moyenne des déterminations sur les cinq échantillons séparés. | 0.1067 | 0.0925 |
| Moyenne du mélange des cinq échantillons | 0.1055 | 0.0984 |
| Moyenne générale | 0.1061 | 0.0955 |

Il est curieux de voir les manques fréquents de la récolte de trèfle coïncider avec une teneur en azote du sol, voisine de celle qu'on obtient quand on fait alterner le blé et la jachère, et qu'on ne donne aucun engrais. Il est clair que l'enrichissement de la surface dû aux résidus des petites récoltes obtenues a été compensé par l'épuisement.

Les résultats suivants sont particulièrement intéressants. Ils ont été obtenus sur les deux portions d'un champ qui avait porté six récoltes de grains consécutives, soutenues seulement par des engrais artificiels; la division eut lieu en 1873: sur une moitié on sema de l'orge et sur l'autre on récolta du trèfle semé l'année précédente. On a vu dans le tableau n° 1 que, dans le trèfle, on dosa 169k,5 d'azote et dans l'orge seulement 41k,7. Pendant l'année suivante, 1874, de l'orge ayant été semé sur les deux parties, on trouva que sur celle qui avait porté du trèfle l'orge contenait 77k,7 d'azote, tandis que sur celle qui avait porté de l'orge l'année précédente, l'orge récolté renfermait seulement 43k,8.

En octobre 1873, après que le trèfle et l'orge eurent été récoltés et avant que la terre n'eut été labourée, on préleva des échantillons de terre comme suit : sur chacune des portions on prit quatre cubes de 30 centimètres sur 30 centimètres de surface et de 22c,5 de hauteur, et l'azote fut dosé dans chacun d'eux et aussi dans un mélange en parties égales des quatre échantillons. Six autres échantillons chacun d'un cube 0m,125 sur 0m,125 et 0m,225 furent encore prélevés sur les deux parties, et les six échantillons représentant les deux parcelles furent mêlés et l'azote dosé dans le mélange. En outre, à chacune des places précédentes, on prit des échantillons représentant le sous-sol à 0m,225 de profondeur, puis encore dans une troisième couche de 0m,225. Dans tous les cas, trois et dans quelques cas, quatre dosages d'azote furent exécutés sur chaque échantillon. Le tableau suivant donne les résultats obtenus. :

TABLEAU XIV. — TERRE EN TRÈFLE ET EN ORGE.

*Azote pour* 100 *dans la terre sèche, couche supérieure de* 0m,225.

| Numéros des échantillons. | 1873 | |
|---|---|---|
| | Terre en trèfle. | Terre en orge. |
| | p. 100 | p. 100 |
| Échantillons n° 1 (0m,300 × 0m,300 × 0m,225). | 0.1574 | 0.1468 |
| — — 2 — — — . | 0.1589 | 0.1341 |
| — — 3 — — — . | 0.1484 | 0.1431 |
| — — 4 — — — . | 0.1631 | 0.1405 |
| Moyenne des quatre échantillons séparés....... | 0.1554 | 0.1411 |
| Moyenne du mélange des quatre échantillons... | 0.1566 | 0.1387 |
| Moyenne du mélange des six échantillons (0.125 × 0.125 × 0.225)........................ | 0.1578 | 0.1450 |

L'accord des moyennes entre les échantillons analysés séparément et leur mélange démontre clairement qu'il existe une quantité d'azote considérablement plus forte dans le sol cultivé en trèfle que dans celui qui a été maintenu en orge.

Ces résultats sont, au reste, tout à fait d'accord avec ce qu'on sait sur l'influence heureuse qu'exerce la culture du trèfle sur les céréales qui la suivent; ils sont aussi d'accord avec les produits obtenus de l'orge succédant au trèfle. Il est cependant difficile de supposer que le tableau représente les différences moyennes contenues dans la composition de la première couche de 0m,225 ; car, calculé à l'hectare, l'excès d'azote dans la surface du sol de la parcelle en trèfle représenterait une accumulation égale à deux fois ce que renfermaient les trois coupes de trèfle, bien que tous les débris végétaux

visibles aient été enlevés des terres avant qu'on procédât à l'analyse ; en outre, les récoltes suivantes n'ont pas bénéficié autant qu'on pourrait l'attendre d'une telle accumulation d'azote. D'un autre côté, les échantillons recueillis en 1877 montrent encore dans les sols superficiels cultivés en trèfle, une teneur en azote supérieure à celle qu'on trouve dans ceux qui avaient porté de l'orge.

Il devient ainsi évident que le sol de la surface cultivé en trèfle a gagné de l'azote par le haut ou par le bas : il en a reçu ou de l'atmosphère ou du sous-sol ; et des déterminations exécutées dans le sous-sol, il faut conclure que, si l'enrichissement vient du bas, il provient d'une profondeur supérieure à $0^m,675$.

On ne peut rien déduire des faits précédents sur l'origine de cet excès d'azote, il semblerait au premier abord qu'on dut supposer que cet excès provient de l'atmosphère. Mais, comme rien d'autre ne milite en faveur de cette opinion, qu'en l'admettant toutes difficultés disparaîtraient, il est plus probable que le sous-sol a été la source de l'excès d'azote.

### Les sols du Mélilotus leucantha et du trèfle blanc.

Nous avons insisté plus haut sur l'énorme produit fourni par le *Melilotus leucantha* et sur la prodigieuse quantité d'azote qu'il a puisé dans un sol qui, depuis trente ans, n'avait pas reçu d'engrais et où le trèfle rouge manquait souvent. La récolte de 1882, la cinquième sans interruption, a été la plus forte et la quantité d'azote qu'elle renfermait ne fut pas moindre de 168 kilogrammes par hectare, tandis que dans des conditions identiques, le trèfle rouge et le trèfle blanc ne donnent que de très minces produits. Aussitôt que les récoltes furent recueillies, des échantillons du sol furent prélevés sur une des parcelles de *Mélilotus* et sur une de trèfle blanc. Les échantillons furent pris à deux places de chacune des parcelles, et dans chaque cas à une profondeur de six fois $0^m,225$ ou en tout à $1^m,35$. L'examen de ces échantillons est encore très incomplet, mais cependant les faits suivants ont été constatés :

Tandis qu'on put constater que les puissantes racines du *Mélilotus* s'enfonçaient aux plus grandes profondeurs atteintes, on ne rencontra que peu de racines de trèfle au-dessous de la surface du sol. Tandis qu'à l'œil et à la main, le sous-sol où le *Mélilotus* s'était développé était sec et en quelque sorte désagrégé, jusqu'à la

profondeur examinée, celui qui avait porté du trèfle ne présentait pas les mêmes caractères. On trouva, en effet, dans les échantillons du sol du *Mélilotus* beaucoup moins d'eau que dans ceux du trèfle, et on put calculer que jusqu'à la profondeur examinée, le sol du *Mélilotus* renfermait à l'hectare 155 tonnes d'eau en moins que celui qui avait porté du trèfle, et il n'est pas douteux que l'action épuisante des racines du *Mélilotus* ne se fut encore étendue à une profondeur plus considérable.

**Azote nitrique dans les sols qui ont porté le Mélilotus et le trèfle blanc.**

Que les racines pivotantes du *Mélilotus* aient pris plus d'azote dans le sous-sol que les racines superficielles du trèfle blanc, c'est ce qui découle nettement des faits suivants. On épuisa par l'eau des échantillons des deux sols à diverses profondeurs, et on y détermina l'azote nitrique par la méthode de Schlœsing (protochlorure de fer).

On obtint les résultats suivants :

TABLEAU XV. — AZOTE NITRIQUE.

| | PAR MILLION DE SOL SEC. | | PAR HECTARE. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | sol du mélilotus. | sol du trèfle blanc. | sol du mélilotus. | sol du trèfle blanc. | Différence. |
| | | | kil. | kil. | kil. |
| Première couche de 0m,225. | 1.28 | 3.24 | 3.79 | 9.54 | 5.74 |
| Deuxième — — | 0.36 | 1.10 | 1.08 | 3.31 | 2.23 |
| Troisième — — | 0.21 | 0.66 | 0.68 | 2.13 | 1.45 |
| Quatrième — — | 0.33 | 1.03 | 1.10 | 3.46 | 2.36 |
| Cinquième — — | 0.28 | 1.46 | 0.94 | 4.89 | 3.95 |
| Sixième — — | 0.55 | 1.77 | 0.84 | 5.94 | 4.10 |
| Total.............. | | | 9.43 | 29.27 | 19.84 |

Ainsi le *Mélilotus*, dans chacune des couches a, non seulement épuisé l'eau, mais encore l'acide nitrique du sol beaucoup plus que le trèfle blanc; la différence très marquée à la surface s'accroît encore aux plus grandes profondeurs.

Il semble donc évident que le sol est la source de l'excès d'azote que renferme le *Mélilotus* comparé au trèfle blanc. La quantité et la distribution de l'acide azotique dans le sol sont trop directement

influencées par les conditions météorologiques pour qu'il soit possible de calculer ce que le *Mélilotus* a pris de plus que le trèfle blanc; mais il est probable que l'action s'est étendue au-delà de la profondeur examinée, et il est possible que les racines puissantes du *Mélilotus* aient favorisé la nitrification, en facilitant l'aération du sol, enfin il n'est pas démontré que ces racines n'aient pas la faculté d'extraire l'azote du sol sous une forme autre que l'acide azotique.

**Azote nitrique dans d'autres sols et sous-sols.**

On admettra plus facilement que l'acide azotique du sol et du sous-sol est l'origine de l'azote des légumineuses, si nous appuyons cette opinion de nouvelles déterminations, portant sur d'autres sols placés dans des conditions connues.

En premier lieu, nous rappellerons que les sols de nos caisses de drainage [1] perdent par les eaux de drainage environ 48$^{k}$,1 d'azote par hectare et par an, sur lesquelles 39$^{k}$,2 proviennent de la nitrification des matières azotées du sol. Si on objecte que ces sols se trouvent dans des conditions très spéciales, nous rappellerons les exemples suivants (tableau XVI), fournis par les déterminations d'azote nitrique dans les échantillons recueillis en 1881 dans le sol du champ d'expériences cultivé en blé.

TABLEAU XVI. — AZOTE NITRIQUE.

| | ENGRAIS MINÉRAL COMPLET | | NITRATE de SOUDE seul. | SANS ENGRAIS. |
|---|---|---|---|---|
| | et sels ammoniacaux. | et nitrate de soude. | | |
| | *Par million de sol sec.* | | | |
| Première couche de 0m,225.. | 8.95 | 7.73 | 6.38 | 3.80 |
| Deuxième — — .. | 4.17 | 3.69 | 7.43 | 1·94 |
| Troisième — — .. | 2.07 | 2.98 | 6.44 | 1.00 |
| | *Par hectare.* | | | |
| | kilos. | kilos. | kilos. | kilos. |
| Première couche de 0m,225... | 25.5 | 21.9 | 18.2 | 10.8 |
| Deuxième — — .. | 12.6 | 11.2 | 22.5 | 5.8 |
| Troisième — — .. | 6.5 | 9.3 | 20.2 | 3.1 |
| Total............ | 44.6 | 42.4 | 60.9 | 19.7 |

1. *Ann. agron.*, tome VIII, p. 264.

Des déterminations ont été faites encore dans des échantillons prélevés dans le champ d'expériences soumis à la rotation ordinaire, en septembre 1878; elles donnent l'acide nitrique par hectare jusqu'à une profondeur de 0$^m$,45.

| | Avec superphosphate seulement. | Avec engrais minéral complet et engrais azoté. |
|---|---|---|
| | kil. | kil. |
| Après jachère | 40.6 | 54.6 |
| Après des fèves | 11.8 | 22.9 |
| Différence | 28.8 | 31.7 |

Des échantillons recueillis à la même date de la parcelle sans engrais soumis à l'alternance du blé et de la jachère ont donné :

| | |
|---|---|
| Après jachère | 36.7 |
| Après blé | 2.8 |
| Différence | 33.9 |

Ainsi dans ces sols, il y a beaucoup moins d'azote nitrique aux profondeurs examinées, après la récolte des légumineuses aussi bien qu'après celle du blé, qu'après la jachère, ce qui indique que les nitrates sont l'origine de l'azote, d'au moins une partie des récoltes de blé ou de fèves.

On remarquera, cependant, que même dans les cas où les sols reçoivent des engrais azotés, la quantité d'azote nitrique trouvé est loin d'être suffisante pour expliquer l'accumulation de l'azote dans les récoltes et dans les couches superficielles des sols cultivés en trèfle et successivement en trèfle et en orge, et bien que la quantité trouvée ne représente pas celle qui sera à la disposition de la plante pendant la durée de sa croissance, on est en droit de se demander si les racines des plantes ne peuvent pas prendre de l'azote sous une forme autre que celle d'acide azotique.

En résumé, si nos déterminations ne nous permettent pas de préciser l'origine de tout l'azote constaté dans l'expérience de l'orge et du trèfle, elle nous indique au moins qu'une quantité plus ou moins grande provient du sol, tandis que rien ne démontre que cet azote soit fourni par l'atmosphère, autrement que par les petites quantités d'azote combiné apportées par la pluie ou les dépôts des eaux météoriques, et les quantités probablement encore plus faibles prises à l'atmosphère par un sol poreux.

**Azote dans quelques-uns des sols de la prairie d'expériences.**

Les résultats suivants apportent de nouvelles preuves que les légumineuses prennent leur azote dans le sol.

Dans le tableau III, on a vu que, dans une prairie permanente, les récoltes enlèvent 36 kilos d'azote quand elle ne reçoivent pas d'engrais, et 61 quand elles sont amendées avec un engrais renfermant de la potasse. Comment peut-on concevoir que 25 kilos d'azote par hectare passent dans les récoltes auxquelles on n'a fourni aucun engrais azoté.

Après vingt ans de cette culture continue, des échantillons ont été pris sur trois places de chaque parcelle, et dans chaque cas, à la profondeur de six fois 0$^{m}$,225 ou 1$^{m}$,35; les résultats obtenus dans la détermination de l'azote des sols de la surface sont inscrits au tableau ci-joint :

TABLEAU XVII. — EXPÉRIENCES SUR LE SOL DE LA PRAIRIE PERMANENTE.

*Azote p. 100 dans le sol sec et par hectare.*

| | 1870 | 1876 | 1878 |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Parcelle 3. Sans engrais | 0.2517 | 0.2466 | |
| Parcelle 7. Engrais minéral avec potasse | | 0.2226 | 0.2246 |
| Différence | | 0.0234 | |
| Différence par hectare. Total pour 20 ans | | | 566.7 |
| Différence par hectare. Moyenne par an | | | 28.4 |

Bien que nous n'ayons pas encore publié de chiffres, nous avons constaté, d'une façon générale, que les déterminations de l'azote montrent un léger accroissement dans les sols qui ont reçu les engrais minéraux, accroissement correspondant à peu près à celui de la récolte.

C'est en s'appuyant sur nos déterminations sur ce point que M. Joulie a révoqué en doute la possibilité d'obtenir de ces recherches, des arguments en faveur de notre opinion. Il donne le fait de l'accroissement de l'azote dans la récolte, sous l'influence d'un engrais minéral, comme étant une preuve de l'assimilation par la plante de l'azote libre. Il rappelle que nos calculs sont basés sur les déterminations de l'azote dans un échantillon du mélange des sols jusqu'à une profondeur totale de 1$^{m}$,35; il calcule que, dans la masse du sol jusqu'à cette profondeur, la différence dans la teneur en azote dans les deux cas est trop faible pour justifier cette importante conclu-

sion, que le sol avait fourni l'azote assimilé. Il objecte que les racines des herbes de la prairie prennent seulement leurs aliments dans les couches superficielles. Il objecte encore que, si la différence que nous avons constatée est réelle, elle est probablement due à une différence accidentelle dans les sols des deux parcelles : des différences semblables ayant été admises par nous dans quelques cas analogues. Enfin, il suppose que, si l'appauvrissement du sol est réel, il peut être dû à d'autres causes qu'à la plante, et par exemple, à une nitrification plus active provoquée par l'influence des engrais minéraux, et à l'entraînement des nitrates dans le sous-sol.

En premier lieu, l'irrégularité dans les conditions d'une de nos parcelles qui a été rappelée dans un mémoire précédent, a été positivement constatée dans la coupe du sol, et c'est ce qui n'a pas eu lieu dans le cas qui nous occupe.

En outre, c'est la détermination de l'azote dans les premiers $0^{m},225$ du sol que nous avons considérée, et c'est à elle que nous nous bornerons actuellement.

La preuve que, dans le tableau ci-contre, les différences constatées entre les deux parcelles ne sont pas fortuites, découle de ce fait que les déterminations qui ont porté sur un échantillon de la parcelle sans engrais pris en 1870 sont entièrement confirmées par celles des échantillons de 1876. De même le dosage plus faible en azote dans les échantillons de 1876 est confirmé par celui de 1878.

De plus, sur les vingt parcelles d'expériences, une seule a donné un dosage en azote aussi faible que celui de la parcelle qui a reçu les engrais minéraux, et il est fourni par une terre qui a reçu les mêmes engrais minéraux, mais pendant un nombre d'années moindre.

Nous ne pouvons donc pas douter que les différences indiquées au tableau ne soient réelles et ne soient dues aux conditions particulières d'engrais et de culture. La réduction est en réalité considérable, atteignant presque un dixième de la quantité totale d'azote, et dépassant les limites des différences accidentelles dues aux prises d'échantillon.

Calculé par hectare, le sol de la surface de la parcelle aux engrais minéraux renfermait à la fin de vingt ans 566 kilos d'azote de moins que la parcelle sans engrais, cette différence correspondait à $28^{k},4$ par an, et on ne saurait manquer d'être frappé du fait que l'azote contenu en excès dans la récolte de la parcelle aux engrais minéraux est de $25^{k},3$ par hectare et par an.

Nous ne voulons pas appuyer sur cette coïncidence, mais nous ne pouvons nier cependant sa signification et son intérêt.

On dira peut-être comment se fait-il que, dans le cas du trèfle rouge et du *Mélilotus*, vous ayez admis que les plantes tiraient leur azote des profondeurs du sol, et que dans le cas de la prairie vous voulez qu'il ait été pris à la surface?

Sous l'influence de l'engrais minéral, il s'est développé une grande proportion de légumineuses, plus forte que sur aucune autre plante; mais l'espèce de légumineuses qui acquit le plus fort développement fut le *Lathyris pratensis*, qui émet une énorme quantité de racines superficielles, et il est suffisamment établi que la potasse des engrais artificiels reste presque exclusivement dans les couches supérieures. D'un autre côté, le trèfle rouge annuel et le *Lotus corniculatus*, qui ont des racines beaucoup plus profondes, n'ont acquis qu'une médiocre croissance.

Le développement plus abondant des légumineuses serait insuffisant pour expliquer l'assimilation de cette quantité d'azote par la récolte, si on n'avait remarqué, sans qu'on en puisse bien saisir la raison, que les graminées ont présenté une grande vigueur, particulièrement celles dont les racines superficielles sont les plus puissantes.

Avant d'abandonner les expériences sur les terres de la prairie, il n'est pas inutile d'appeler l'attention sur ce fait que, en admettant que tout l'azote des récoltes provient du sol, nous devons conclure que 28 kilos par hectare et par an ont été perdus par la terre sans engrais, et 28 kilos de plus par la parcelle qui a reçu les engrais minéraux, ou en tout 56 kilos. On a admis que, dans le cas de la culture continue du blé, $22^{k},1$ d'azote ont passé dans la récolte et qu'un minimun de $13^{k},4$ a été entraîné par les eaux de drainage, ou en tout 35 kilos. On ne manquera pas de remarquer que cette quantité correspond exactement à la teneur moyenne en azote de la récolte obtenue de la prairie sans engrais ($36^{k}9$)[1], dans laquelle on ne peut supposer que les pertes par le drainage soient sensibles, car le sol est peu aéré, garni de plus de cinquante espèces différentes pendant toute l'année. On ne saurait donc douter que l'excès d'azote contenu dans les légumineuses de la parcelle aux engrais minéraux ne provienne du sol.

1. Voy. p. 400.

**Source de l'azote du trèfle développé sur une terre de jardin fertile**

Nous avons encore un dernier argument à présenter. En opposition au manque du trèfle dans une terre arable pauvre en azote, il est intéressant de rappeler que nous avons pu obtenir pendant vingt-neuf ans des récoltes abondantes, bien que plus faibles actuellement, d'une petite parcelle d'une bonne terre de jardin.

L'expérience fut commencée en 1854, et le tableau suivant donne la quantité d'azote dans les échantillons pris dans les premiers 22c,5 du sol en octobre 1857 et en mai 1879, c'est-à-dire après vingt et une récoltes. En 1857, on ne préleva qu'un seul échantillon et seulement à la profondeur de 0m,225; mais en 1879, on prit trois échantillons, dans chaque cas, jusqu'à la profondeur de deux fois 0m,225, ou en tout à 0m,450. Les résultats insérés au tableau suivant sont relatifs aux échantillons pris dans la couche superficielle de 0m,225 :

TABLEAU XVIII. — CULTURE DU TRÈFLE DANS LA BONNE TERRE DE JARDIN.

*Azote dans la terre fine, pour 100 et par hectare.*

| | 1857 | 1879 | DIFFÉRENCE. |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100<br>0.3635<br>0.3640<br>0.3626 | |
| | 0.5095 | 0.3634 | 0.1461 |
| | kil. | kil. | kil. |
| Par hectare.................... | 10.662 | 7611 | 3059 |
| Différence par an et par hectare. | | | 145 |

La proportion d'azote inscrite pour l'échantillon unique recueilli en 1857 est la moyenne de déterminations exécutées sur ce même échantillon en 1857, 1866 et 1880, et est absolument identique avec la moyenne de celles qui ont été faites à la première date.

Le premier point à observer est que la couche superficielle de terre de jardin contient une quantité d'azote double de celle de la moyenne des terres arables, et à peu près cinq fois autant que les parcelles épuisées qui ne pouvaient plus nourrir le trèfle. Il est vrai

qu'on pourrait supposer que ces parcelles manquent d'autres aliments; mais quelques parcelles sur lesquelles le trèfle a manqué, ont reçu beaucoup plus d'engrais minéraux que la récolte n'en avait pris sans que cette addition pût leur rendre leur fertilité.

Les moyennes des déterminations exécutées sur les trois échantillons séparés de 1879 sont très concordantes, et les résultats ne laissent aucun doute qu'il y a eu une grande diminution dans le stock d'azote du sol de la surface. Cette réduction est d'environ 29 pour 100 du poids total. Calculé par hectare, comme nous l'avons fait au bas du tableau, elle correspond à une perte de 3059 kilos par hectare pour les vingt et une récoltes; et bien que de bonnes récoltes aient été encore obtenues, la diminution d'azote a coïncidé avec une moindre fécondité du sol pour le trèfle; ainsi durant les quatorze premières années de l'expérience, la parcelle ne fut réensemencée que trois fois, tandis que durant les quinze dernières années, il a été nécessaire de répéter dix fois les semailles, et de plus, le produit pendant les quatorze premières années, fut environ deux fois supérieur à celui qu'on obtint depuis.

Il reste à discuter cette dernière question : quelle relation existe-t-il entre l'azote perdu par le sol et celui qui a été enlevé par la récolte? Le calcul est difficile pour une parcelle de quelques mètres d'étendue; cependant, on peut estimer à 224 kilos l'azote enlevé à l'hectare par le trèfle; la couche superficielle en ayant perdu 145 kilos ou les deux tiers, on peut supposer que le dernier tiers a été pris dans les couches plus profondes.

Il convient cependant de faire remarquer que les sols qui reçoivent de très abondantes fumures de fumier de ferme perdent de l'azote par son dégagement à l'état libre; et si cela s'est produit dans le sol du jardin, la perte n'est pas due entièrement aux prélèvements du trèfle.

D'un autre côté, on sait que dans une terre arable ordinaire, le trèfle envoie une grande quantité de racines dans les couches profondes, et bien que dans le cas d'un sol superficiel très riche, la plante puisse y trouver une plus grande proportion de ses aliments, nous pouvons supposer qu'il a également puisé dans le sous-sol.

Malheureusement, nous n'avons pris qu'un échantillon de $0^m,225$ en 1857, par conséquent, nous ne pouvons établir de comparaison entre la richesse du sous-sol à ces deux époques. On remarquera, cependant, qu'en 1879, la seconde couche de

$0^m,225$ donna une richesse en azote trois fois aussi forte que les sous-sols de la terre arable à la même profondeur. On ne saurait donc douter que le sous-sol de la parcelle de jardin a contribué à fournir de l'azote à la récolte.

Si donc nous n'avons pas de preuve absolue que l'origine de tout l'azote du trèfle développé sur la parcelle du jardin a été le sol lui-même, nous avons de fortes présomptions que la plus grande partie, sinon la totalité de l'azote du trèfle, en provient.

### CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Après cette revue des déterminations de l'azote dans les sols de nos champs d'expériences, nous finissons comme nous avons commencé en disant, que bien que l'origine de l'azote ne soit pas absolument éclaircie, les raisons d'admettre que les végétaux le tirent du sol sont beaucoup plus nombreuses que celles qu'on invoque en faveur de l'opinion que les plantes prendraient leur azote dans l'atmosphère. Nous étendons cette conclusion, non seulement aux cultures de céréales ou de racines, mais encore aux légumineuses.

En effet, si l'atmosphère contribue à fournir ou fournit entièrement l'azote des légumineuses, nous demanderons comme nous l'avons déjà demandé souvent : pourquoi ces cultures de légumineuses, qui enlèvent tant d'azote, ne peuvent-elles être maintenues plusieurs fois sur le même sol? Pourquoi le trèfle manque-t-il sur des terres arables ordinaires qui se trouvent encore dans des conditions telles qu'elles peuvent donner de bonnes récoltes de céréales? Pourquoi la seule condition dans laquelle nous ayons pu cultiver le trèfle sans interruption, est-elle un sol plus riche en azote (et aussi en autres aliments) qu'une terre ordinaire. Et pourquoi enfin sa culture dans cette terre a-t-elle rapidement fourni des produits plus faibles à mesure que le sol lui-même s'appauvrissait d'azote?

On ne supposera pas un moment que, si dans cette conférence, nous avons exclusivement porté notre attention sur l'azote, nous n'attachions la plus haute importance à un large approvisionnement d'engrais minéraux si nécessaires à l'efficacité de l'azote. Il est évident cependant que les épuisements que nous avons cités ne sont pas dus à un manque d'aliments minéraux.

Si les matières minérales ne font pas défaut, l'abondance de nos

récoltes dépend de la quantité d'azote assimilable qui peut leur être fournie pendant leur développement par le sol ou par les engrais, et la fertilité d'une terre peut être mesurée par la quantité d'azote qu'elle renferme et par le degré d'assimilabilité qu'il présente, le sol peut être considéré aussi bien comme une *mine* que comme un laboratoire.

A ce point de vue, et parlant ici en Amérique, nous devons rechercher quelles différences essentielles il existe entre les sols vierges ou récemment défrichés de ce côté de l'Atlantique et les sols anciennements cultivés de l'Europe.

Un échantillon d'un sol de prairie a été prélevé, il y a quelques années, par M. (maintenant sir) James Caird et confié par lui pour l'analyser au Dr Vœlcker, qui voulut bien non seulement nous donner le résultat obtenu, mais aussi un échantillon de ce sol; les nombres concordants trouvés dans les deux laboratoires ont conduit aux chiffres de 0,25 d'azote pour 100. Nous n'avons pas une histoire complète de ce sol, mais M. le Dr Vœlcker nous a appris que l'échantillon qu'il nous avait remis était un mélange du sol superficiel et du sous-sol, et que la terre de la surface analysée séparément renfermait 0,33 d'azote pour 100.

Cette année (1882), quatorze ou quinze échantillons de sol du territoire du Nord-Ouest pris aux différents points entre Winnipeg et les montagnes Rocheuses, furent envoyés à Londres et exposés à la réunion de la Société royale d'agriculture à Reading. Les sols furent exposés dans des tubes de verres de 1m,20 de longueur, la terre y étant disposée de façon à représenter la composition jusqu'à cette profondeur. Trois échantillons des sols superficiels nous ont été confiés pour le dosage de l'azote.

N° 1 provient du Portage la Prairie, à environ 60 kilomètres de Winnipeg, et a probablement été cultivé pendant plusieurs années la terre sèche dose 0,2471 d'azote pour 100.

N° 2 provient du district de Saskatchewan, à environ 140 kilomètres de Winnipeg, et a probablement été cultivé moins longtemps que le n° 1; la terre sèche renferme 0,3027 d'azote pour 100.

N° 3 a été pris à un endroit distant de quarante kilomètres du Fort Ellis, et peut être considéré comme un sol vierge; la matière sèche contient 0,25 d'azote pour 100.

D'une façon générale, on peut dire que ces sols de l'Illinois et

des Prairies du Nord-Ouest sont deux fois plus riches en azote que les terres arables de Rothamsted, et autant que nous en pouvons en juger deux fois aussi riches que la moyenne des sols de la Grande-Bretagne. Leurs richesses en azote est à peu près égale à celle de nos sols maintenus en prairie. Comme leur azote tire leur origine de leur accumulation pendant des siècles des produits desséchés de la végétation dont presque rien n'a été distrait, il est probable que les matières minérales ne font pas défaut. Assurément, ces sols nouveaux sont des mines aussi bien que des laboratoires. Si le terme, un *sol fertile*, ne leur convient pas, je ne sais à quelle terre il doit s'appliquer.

En supposant que dans ces sols, les matières minérales ne fassent pas défaut, et que chaque année il s'y forme une proportion d'azote assimilable correspondant à leur richesse en azote combiné, on est en droit de se demander pourquoi ils ne fournissent pas un rendement en blé à l'hectare plus considérable que celui qu'ils donnent, et qui n'est guère supérieur à celui du champ de blé de Rothamsted, cultivé sans engrais, bien que le sol ne renfermât guère au commencement de l'expérience, il y a trente-neuf ans, que la moitié de l'azote des sols américains.

D'après ce que nous avons appris, le faible rendement des riches terres du Nord-Ouest doit être attribué, d'abord aux vicissitudes du climat, ensuite au mauvais mode de culture, mais surtout au développement exagéré des mauvaises herbes, qu'il est difficile de détruire. Il serait à coup sûr intéressant de ne pas amoindrir la fertilité de ces nouvelles terres, et cependant avec un sol à bon marché et des travaux coûteux, établir sur ces vastes surfaces une culture avantageuse, ne peut être obtenu sans quelque sacrifice de leur fertilité pendant les premiers temps, sacrifices qui ne diminueront que lorsque la population augmentera.

---

## DOSAGE VOLUMÉTRIQUE DE LA POTASSE

PAR

M. EUGÈNE MARCHAND

Ce nouveau procédé d'analyse, aussi simple qu'exact et d'exécution rapide, est basé sur la propriété bien connue que possède l'acide tartrique de produire en s'unissant avec la potasse un sel acide

fort peu soluble dans l'eau; mais pour arriver à des résultats de grande valeur, il faut avoir recours à la méthode des doubles décompositions, en faisant réagir le bi-tartrate de soude, régulièrement constitué, sur la matière saline dont on désire connaître la richesse en potasse. En outre, il faut agir sur des liqueurs offrant un degré de saturation saline bien déterminé, bien constant, au moment où on les mélange pour donner lieu à l'accomplissement de la réaction génératrice du tartre. Enfin, il faut aussi tenir compte du degré de température la plus affaiblie qui impressionne les liqueurs pendant la cristallisation de ce sel, car sa solubilité est toujours dans un rapport direct et constant avec chacune des manifestations thermométriques qui la régissent.

Voici comment on opère :

Après avoir préparé une dissolution de bi-tartrate de soude, dont chaque centimètre cube serait capable de précipiter un centigramme de potasse, si le nouveau sel acide produit était complètement insoluble, l'on mélange 40 centimètres cubes de cette dissolution titrée avec 10 centimètres cubes d'une liqueur aqueuse, contenant sous ce volume spécial 5 décigrammes de la matière saline (bien neutre aux réactifs colorés), que l'on désire soumettre à l'analyse. Le mélange ainsi constitué est abandonné au repos dans un lieu abrité contre les courants d'air, pendant une douzaine d'heures au moins, pendant une nuit, par exemple. La majeure partie de la potasse tenue en dissolution, transformée en crème de tartre, ne tarde pas à se déposer, et à mesure que la cristallisation de ce sel s'accomplit, la quantité d'acide contenue dans la liqueur sous un état qui lui permettrait de réagir sur la couleur bleue du tournesol en la faisant virer au rouge, s'affaiblit. Elle s'affaiblit nécessairement dans des proportions qui sont toujours en relations directes et exactes avec celles du tartre déposé.

Par conséquent, si l'on détermine le degré d'acidité possédé par les liqueurs génératrices du tartre avant la formation de ce sel et après l'achèvement de sa cristallisation, l'on peut déduire de l'affaiblissement du degré d'acidité subi par l'eau mère, la quantité exacte de la potasse déposée à l'état cristallin. En tenant compte de l'abaissement de la température subie par la liqueur d'essai pendant son abandon au repos, l'on peut obtenir un renseignement plus complet : on peut déterminer la richesse vraie de la matière examinée en potassium, car la solubilité du bi-tartrate de potasse,

très variable dans les eaux mères comme elle l'est dans l'eau, mais en d'autres proportions, est constante pour chaque variation de la température dont les liqueurs, dans lesquelles on lui donne l'occasion de se former, subissent l'action.

Pour obtenir un bon renseignement, il suffit de placer à côté du flacon contenant les 50 centimètres cubes de liqueur mise en expérience, un autre flacon de même dimension, contenant 50 centimètres cubes d'eau dans laquelle plonge le réservoir d'un thermomètre *à minima*. Le plus considérable abaissement du thermomètre indiqué par cet instrument est noté. Il sert de guide pour chercher dans un tableau dressé ad hoc la quantité de potasse contenue dans 1000 parties en poids du sel examiné, qui est accusée, pour la température indiquée, par le degré d'acidité conservé par la liqueur après l'achèvement de la réaction.

Ainsi, par exemple, supposons que la température soit descendue à 9° C. dans une expérience ou le degré d'acidité de la liqueur s'est trouvé abaissé de 8° (son titre normal) à 2°79. En cherchant sur le tableau dont il vient d'être question, l'on trouve que le sel examiné contient les 563 millièmes de son poids de potasse, KO. Si le degré d'acidité étant resté le même, l'index du thermomètre ne s'était arrêté qu'à 14°, la proportion d'élément dosable accusée par l'essai était égale aux 588 millièmes du poids de la matière soumise à l'analyse.

Ce mode d'essai qui se résume, comme on le voit, en une simple opération d'acidimétrie, est très rapide, car il ne réclame pas plus d'un quart d'heure de travail effectif. Il donne de bons résultats lorsque l'on agit sur le chlorure, le sulfate ou le nitrate de potassium pris isolément, ou associés dans un mélange commun. La présence des sels de sodium, de calcium ou de magnésium ne gêne pas la réussite de l'opération; il est donc inutile de procéder à leur élimination, mais il faut de toute nécessité exclure de la réaction les sels ammoniacaux que la matière examinée pourrait contenir, parce que l'ammoniaque, de même que la potasse, produit un bitartrate fort peu soluble.

La minime proportion de matière sur laquelle on opère nécessite l'emploi d'un réactif coloré extrêmement sensible, pour caractériser le moment vrai où la neutralisation des liqueurs arrive à son terme. C'est, en effet, la constatation précise de cet instant qui réclame les soins les plus vigilants, l'attention la plus soutenue de

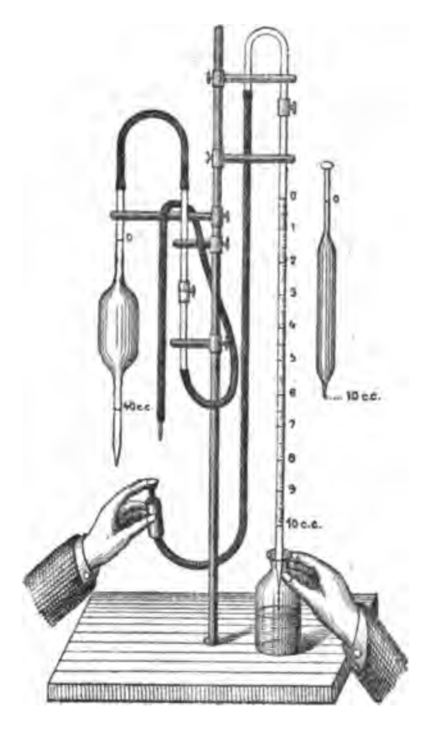
l'opérateur, et qui constitue la partie la plus délicate de son travail. Toutefois, en se servant d'une pipette qui permet d'apprécier les centièmes de centimètres cubes de la liqueur alcaline dont on fait l'emploi, le titrage s'accomplit avec facilité, lorsque l'on s'y est quelque peu exercé, si l'on fait usage de teinture hydralcoolique de cochenille au 1/10e, utilisée alors à dose assez affaiblie pour que la liqueur arrivant à neutralité, contracte une couleur *bleu pensée* persistante, quand on la regarde par transmission.

La quantité de cochenille nécessaire pour assurer le développement de cette belle nuance n'excède pas dix centigrammes pour chaque litre de l'eau dont on se sert pour allonger de trois à quatre fois leur volume, les dix centimètres cubes d'eau mère avant de les soumettre à la neutralisation. Quand la matière colorante est employée à plus haute dose, la couleur développée sous l'influence de l'alcali est d'un beau rouge pourpre, dont le point d'apparition normale est difficile à saisir, et rend incertains, par conséquent, les résultats de l'opération réalisée. L'on peut dans ce cas commettre une erreur de 2 à 3 millièmes en plus ou en moins dans la quantité de potasse ainsi appréciée.

La pipette dont on se sert pour déterminer le degré d'acidité des liqueurs mises en expérience, est d'un calibre assez étroit pour que chacune de ses divisions en centimètres cubes offre une longueur d'eau moins trois centimètres. Elle est divisée en dix centimètres cubes, dont chacun est lui-même partagé en dixièmes, ce qui, avec un peu d'habitude, permet d'apprécier avec exactitude les centièmes ; en outre, elle est munie un peu au-dessus de sa graduation d'un robinet qui permet de tenir l'instrument chargé, et de régler l'écoulement du liquide ; enfin, elle est recourbée en forme de siphon, au-dessus du robinet, ce qui donne le moyen de ne jamais mettre le liquide alcalin en contact avec celui-ci. Au reste, cette pipette munie du tube de caoutchouc adapté pour son bon fonctionnement, est représentée sur la figure ci-contre, avec deux autres, dont l'emploi est nécessaire pour jauger les liquides sur lesquels l'on doit opérer.

Je dois ajouter, en terminant, que la conservation normale du *solutum* de bi-tartrate de soude *est assurée pour de longs mois*, lorsque l'on garde cette liqueur dans des vases noirs placés dans l'obscurité, si l'on prend le soin de la charger de quelques morceaux de camphre, ou d'un millième de son poids de salycilate de

soude. J'ai, en ce moment (25 septembre 1883), dans mon laboratoire, une dissolution soumise à l'action du camphre dans l'obscurité depuis le 16 juin de l'année dernière, par conséquent depuis plus de quinze mois; son titre n'a pas varié.




Ce qui précède suffit pour indiquer les caractères essentiels du nouveau mode d'essai sur lequel je ne crains pas d'appeler l'attention de mes collègues, directeurs des laboratoires agronomiques, persuadé que je suis des avantages qu'ils trouveront à le mettre en œuvre : ils échapperont ainsi aux ennuis causés par l'emploi du chlorure de platine, lorsqu'ils ont à déterminer la richesse en potasse, des sels fertilisateurs livrés par le commerce à l'agriculture.

Je regrette de ne pouvoir donner ici une description plus étendue de ce procédé, mais on la trouvera complète dans mon *Mémoire sur le dosage volumétrique de la potasse*, déposé chez M. Alvergniat (10, rue de la Sorbonne, à Paris), qui a bien voulu se charger de la construction des pipettes graduées dont on doit se servir. A ce mémoire est joint le tableau indicateur de la richesse des matières essayées, en élément dosable, pour toutes les températures comprises entre 0 et 20° centigrades. Cela représente *toutes* les circonstances (plus de 10 000), dans lesquelles le titre de ces matières peut être apprécié.

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE CHIMIQUE DU SOL

PAR

M. DUGAST

Attaché au laboratoire de l'Institut agronomique.

Nous nous sommes attachés à étudier la composition de trois sols de nature différente, et produisant chaque année, toutes choses égales d'ailleurs, des rendements inégaux. Le premier, que nous appellerons A, fournit tous les ans des produits plus abondants que le second, que nous désignerons par B, et moins élevés que le troisième, que nous appellerons C. Les deux premiers sont un peu pierreux; le sol B renferme une plus forte proportion de grosses pierres, et contient de plus une notable proportion de matières organiques qui le colorent en noir et lui donnent des propriétés physiques spéciales. Le sol C est argileux et conséquemment difficile à travailler lorsqu'il est sec ou humide.

La couche arable du sol A repose sur une couche de même nature minéralogique et constituée par des particules rocheuses plus ou moins désagrégées. Cette couche *non remuée* par les instruments de culture, d'une épaisseur variable, repose directement sur la roche qui lui a donné naissance. Cette roche est formée de *poudingues* siliceux réunis par un ciment organo-ferrugineux[1].

La disposition des couches pour le sol B est la même que la précédente, mais leur épaisseur est différente; la couche incomplètement désagrégée est plus épaisse, la supérieure conservant toujours son épaisseur ordinaire. Le sol C repose sur un sous-sol argileux, imperméable et situé à une profondeur de $0^m,50$ à un mètre.

Ces trois pièces de terre sont situées au Marché-Neuf (Loire-Inférieure) et appartiennent aux terrains tertiaires. Ces terrains, classés dans le tertiaire moyen (Miocène), par Caillaud dans sa carte géologique du département, et plus tard par Dufrénoy et Elie de Beaumont dans sa carte de France, paraissent différer notablement au point de vue agricole suivant les localités.

L'assolement suivi par les cultivateurs de la localité n'est pas un assolement régulier, mais une sorte de système mixte où les terres

1. D'après des recherches, les poudingues que nous avons signalés plus haut devraient être rattachés au Pliocène.

sont alternativement en culture et en pâturage. Le système de culture comprend : 1° deux ou trois ans de pâturage après une céréale (souvent on sème du trèfle dans la céréale de manière à pouvoir faucher une fois) ; 2° trois années de culture.

La succession des cultures se fait de la manière suivante :

*Première année :* choux, betteraves, sarrasin et seigle ; *deuxième année :* pomme de terre, millet, maïs, après les choux, blé après les betteraves ; *troisième année :* blé après les pommes de terre, le millet et le maïs, vesce ou gesse et trèfle incarnat après le blé cultivé en deuxième année. De l'orge en petite quantité et exceptionnellement. La fumure est en général assez faible et se répartit comme suit : 30 à 40 000 kilogrammes de fumier en deuxième année ; en première année et troisième année on emploie du noir animal, de la cendre, de la charrée, rarement des phosphates.

Les rendements obtenus pour les fourrages sont très variables et ne peuvent être exprimés, d'une manière suffisante, par des moyennes. Tant qu'au produit du blé, il est en moyenne de 16 à 17 hectolitres à l'hectare.

En ce qui concerne spécialement les trois parcelles que nous avons étudiées, nous nous réservons d'en discuter les rendements lorsque nos recherches seront terminées. Nous voulons seulement, dans cette note, nous occuper de leur composition chimique.

Les différents échantillons ont été soigneusement prélevés en suivant les indications données par M. Grandeau [1]. Les échantillons prélevés dans la couche arable ont été pris sur une épaisseur de $0^m,20$ et ceux prélevés dans la couche inférieure également sur une épaisseur de $0^m,20$, c'est-à-dire de $0^m,20$ à $0^m,40$.

Notre travail comprend : 1° l'analyse physico-chimique ; 2° le dosage des éléments solubles dans l'acide nitrique ; 3° l'analyse de la matière noire ; 4° le dosage de l'acide phosphorique soluble dans divers réactifs ; 5° l'analyse de la partie insoluble dans les acides.

### Analyse mécanique et physico-chimique.

L'analyse mécanique a été effectuée en passant la terre dans des tamis à mailles de 1, 3 et 5 millimètres.

Les résultats que nous avons obtenus sont consignés dans les tableaux qui suivent :

1. Grandeau, *Traité d'analyses des matières agricoles*, 2e édition.

| | Sol A | Sol B | Sol C |
|---|---|---|---|
| | kil. | kil. | kil. |
| Poids du litre............. | 1.212 | 0.865 | 1.158 |
| Eau à 120°............ .... | 5.82 p. 100 | 6.23 p. 100 | 6.68 p. 100 |

*Analyse mécanique de la terre desséchée à 100°.*

| | Sol A | Sol B | Sol C | Sous-sol de A |
|---|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Terre fine............ | 76.03 | 71.40 | 88.55 | 54.70 |
| Petits cailloux......... | 16.01 | 16.20 | 1.05 | 45.30 |
| Moyens — ........ | 2.60 | 1.52 | 6.45 | |
| Grosses pierres........ | 5.36 | 10.88 | 3.95 | |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Pour l'analyse physico-chimique nous avons employé la méthode de M. Schlœsing : on fait une pâte avec 10 grammes de terre, on la délaye ensuite dans l'eau et on rend la liqueur acide. On laisse reposer et on décante sur un filtre. Dans le liquide filtré on dose la chaux. Le résidu insoluble est mis en suspension dans l'eau et on y ajoute de l'ammoniaque qui dissout la matière noire. Après un repos de vingt-quatre heures, le liquide est décanté ; on répète cinq à six fois cette opération. Dans le liquide décanté on coagule l'argile par du chlorure de potassium. Lorsque le liquide est clair, on décante et on fait tomber l'argile sur un filtre. Le liquide décanté est rendu acide par l'acide acétique, on fait bouillir et on ajoute de l'acétate de plomb qui précipite la matière noire. La matière noire dans laquelle nous avons recherché l'acide phosphorique a été obtenue en traitant 300 grammes de terre par l'eau acidulée ; on dessèche et on prend 100 grammes que l'on épuise complètement par l'eau ammoniacale.

*Analyse physico-chimique de la terre fine desséchée à 100°.*

| | Sol A | Sol B | Sol C |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Matières organiques.............. | 3.85 | 6.18 | 3.25 |
| Sable............................ | 90.45 | 87.62 | 87.71 |
| Argile.......................... | 4.45 | 4.40 | 6.75 |
| Calcaire......................... | 0.41 | 0.29 | 0.21 |
| Matières solubles dans l'eau acidulée. | 0.84 | 1.51 | 1.88 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

*Sable obtenu par simple lévigation.*

| | Sol A | Sol B | Sol C |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Sable............................ | 42.00 | 37.00 | 30.00 |

L'eau est dosée sur 10 grammes de terre, que l'on maintient à 120° jusqu'à cessation de perte de poids. On incinère ensuite ce qui donne les matières organiques et l'eau volatile au rouge.

Le chlore a été dosé en épuisant 100 grammes de terre par 500$^{cc}$ d'eau, concentrant la liqueur et pesant le chlorure d'argent. Pour le dosage du manganèse, nous l'avons transformé en permanganate et dosé par les liqueurs titrées.

L'azote total a été dosé par la méthode de la chaux sodée, sur 10 grammes de terre. L'azote nitrique est déterminé par l'épuisement de 100 grammes de terre par 500$^{cc}$ d'eau, contenant 1/500$^{e}$ de chlorure de calcium. On concentre la liqueur rendue alcaline et on dose l'acide nitrique en mesurant le bioxyde d'azote. L'ammoniaque est dosée par la méthode de M. Schlœsing : on prend 100 grammes de terre qu'on traite par 500$^{cc}$ d'eau, renfermant une quantité d'acide chlorhydrique suffisante pour rendre la liqueur acide (on a eu soin préalablement de doser l'ammoniaque dans 500$^{cc}$ d'eau renfermant la même quantité d'acide) ; on laisse digérer en remuant de temps en temps, et finalement on laisse reposer et on décante une partie du liquide dans laquelle on dose l'ammoniaque.

*Azote contenu dans la terre fine desséchée à 100°.*

| | Sol A | Sol B | Sol C |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Azote organique | 0.1256 | 0.1739 | 0.1249 |
| — nitrique | 0.0036 | 0.0027 | 0.0013 |
| — ammoniacal | 0.0028 | 0.0004 | 0.0018 |
| Azote total | 0.132 | 0.177 | 0.129 |

**Analyse de la partie soluble dans l'acide nitrique.**

On traite 100 grammes de terre par l'eau et l'acide nitrique; on fait bouillir et on évapore à sec pour détruire les matières organiques, — s'il y en a beaucoup, il faut préalablement incinérer la terre, — on reprend par l'acide nitrique et on fait un litre de solution.

Dans 200$^{cc}$ on dose l'acide phosphorique. Pour cela on évapore la liqueur à sec pour séparer la silice, et on reprend par l'acide nitrique; on filtre et on précipite l'acide phosphorique par le molybdate d'ammoniaque.

M. Péligot dit, en parlant du résidu insoluble qui reste sur le

filtre après dissolution du phospho-molybdate par l'ammoniaque, *qu'il n'est pas démontré que cet oxyde de fer soit exempt d'acide phosphorique*[1].

Nous nous sommes assurés qu'il reste le plus souvent des quantités non négligeables d'acide phosphorique dans ce résidu ferrugineux, et il est indispensable, pour avoir des résultats exacts, de le reprendre par l'acide nitrique et de précipiter à nouveau par le molybdate. 200$^{cc}$ sont ensuite évaporés à sec et traités par le nitrate d'ammoniaque, ce qui permet de séparer ainsi le fer et l'alumine à l'état grenu et se laissant très bien laver. A partir de ce moment, l'analyse est conduite comme celle des matières insolubles dans les acides que nous allons maintenant décrire. Nous avons adopté cette méthode de séparation de l'alumine et du fer, parce que nous avons pu constater, qu'en précipitant l'alumine et l'oxyde de fer par l'acétate d'ammoniaque (méthode ordinairement employée), filtrant et lavant le précipité à l'eau bouillante, détachant ensuite le précipité du filtre et le faisant bouillir de nouveau plusieurs fois, on n'arrivait pas complètement à enlever la chaux du précipité gélatineux. On prend 200$^{cc}$ pour doser la potasse et la soude, on ajoute deux ou trois gouttes de nitrate de baryte et on évapore à sec (méthode de M. Lechartier).

*Attaque de la terre par l'acide nitrique. — Composition en centièmes à l'état sec.*

| | Sol A<br>—<br>p. 100 | Sol B<br>—<br>p. 100 | Sol C<br>—<br>p. 100 |
|---|---|---|---|
| Acide phosphorique | 0.105 | 0.066 | 0.087 |
| Chaux | 0.263 | 0.191 | 0.216 |
| Magnésie | 0.075 | 0.058 | 0.101 |
| Sesquioxyde de fer | 1.905 | 1.945 | 1.823 |
| Acide sulfurique | 0.028 | 0.026 | » |
| Chlore | 0.007 | 0.004 | 0.002 |
| Sesquioxyde de manganèse | 0.017 | 0.025 | 0.009 |
| Potasse | 0.126 | 0.121 | 0.059 |
| Soude | 0.018 | 0.023 | 0.007 |
| Silice | 0.045 | 0.058 | 0.036 |
| Alumine | 1.126 | 1.113 | 1.723 |
| Matières organiques et sable | 96.281 | 96.370 | 95.930 |
| | 100.000 | 100.000 | 100.000 |

**Analyse de la partie inattaquable par les acides.**

Nous avons suivi la méthode dite « de la voie moyenne », de M. Deville : Le résidu insoluble est séché, pulvérisé au mortier

1. Peligot, *Traité de Chimie analytique.*

d'agate et traité par le carbonate de chaux pur. Le silicate est attaqué par l'acide nitrique. On évapore à sec et on reprend par le nitrate d'ammoniaque, qui laisse la silice, le fer et l'alumine insolubles. Dans ce résidu, on sépare la silice en traitant par l'acide nitrique. Le fer est séparé de l'alumine par l'hydrogène et l'acide chlorhydrique. Dans la liqueur, on dose la chaux par l'oxalate d'ammoniaque; on évapore à sec le liquide filtré et on chasse les sels ammoniacaux par la chaleur. Les nitrates sont transformés en carbonates avec 2 grammes d'acide oxalique. On sépare les carbonates de potasse et de soude, qu'on transforme en chlorures et qu'on pèse, la potasse est ensuite séparée par le chlorure de platine. Nous ferons remarquer ici que pour avoir des résultats exacts, vu la quantité très faible des alcalis, il est indispensable de se servir d'une balance pouvant apprécier le dixième de milligramme. Il est facile de voir en effet, que, si le poids du platine provenant de la décomposition du chloroplatinate de potassium n'est pas rigoureusement observé, les résultats seront considérablement modifiés. La magnésie est pesée à l'état de sulfate.

L'acide phosphorique total s'obtient en chauffant 5 grammes de erre avec un mélange à parties égales de carbonate de soude et de carbonate de potasse purs. On dissout dans l'acide nitrique: on évapore à sec et on reprend par l'eau et l'acide nitrique. On filtre et dans le liquide filtré on dose l'acide phosphorique.

L'analyse de la partie insoluble dans les acides par la méthode que nous venons d'exposer, est particulièrement délicate, longue, difficile, et ne peut-être entreprise que pour des recherches spéciales.

En résumé, les déterminations effectuées nous permettent de donner pour les trois autres terres examinées la composition suivante :

*Composition absolue à l'état sec de la terre fine.*

| | Sol A | Sol B | Sol C | Sous-sol de A |
|---|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Acide phosphorique | 0.266 | 0.113 | 0.147 | 0.193 |
| Chaux | 0.576 | 0.482 | 0.582 | 0.630 |
| Alumine | 7.786 | 7.217 | 8.115 | 6.081 |
| Sesquioxyde de fer | | | | 3.123 |
| Potasse | 0.266 | 0.278 | 0.610 | 0.632 |
| Soude | 0.057 | 0.103 | 0.292 | 0.275 |
| Silice | 86.370 | 84.420 | 86.330 | 84.273 |
| Magnésie | 0.233 | 0.185 | 0.388 | 0.473 |
| Matières organiques et substances non dosées | 4.446 | 7.202 | 3.536 | 4.320 |
| | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 |

**Solubilité relative de l'acide phosphorique.**

On sait que, dans les engrais, on attribue généralement une valeur différente à l'acide phosphorique soluble dans les acides et à l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque, et qu'on considère ce dernier comme plus assimilable.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de mettre en regard l'acide phosphorique enlevé au sol par l'eau, les acides et les différentes solutions employées pour analyser les engrais. Voici brièvement la manière d'opérer que nous avons employée :

Acide phosphorique soluble dans l'eau régale : on traite 50 grammes de terre par l'eau régale, on fait 500$^{cc}$ de solution et on précipite l'acide phosphorique dans 100$^{cc}$ ;

Acide phosphorique soluble dans l'eau : on épuise un kilogramme de terre par l'eau ;

Acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque : on traite 10 grammes de terre par 50$^{cc}$ de citrate, préparé comme l'indique M. Joulie. On filtre, lave et évapore à sec avec de la chaux pure. On calcine et reprend par l'acide nitrique ;

Acide phosphorique soluble dans l'oxalate d'ammoniaque : on traite 10 grammes de terre par 2 grammes d'oxalate, on fait bouillir pendant deux heures et on filtre, on rend la liqueur acide au moyen de l'acide nitrique et on précipite par le molybdate ;

Acide phosphorique soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique : on laisse digérer 50 grammes de terre dans l'eau saturée d'acide ;

Acide phosphorique soluble dans l'acide acétique : on traite 10 grammes de terre par 10$^{cc}$ d'acide acétique et on fait bouillir pendant deux heures.

Étant donné le rôle important que paraît jouer la matière noire dans le sol, nous avons cru devoir étudier sa composition d'une manière spéciale.

Nous avons aussi voulu nous rendre compte de la quantité de potasse et d'acide phosphorique qui se trouvaient dans la portion de terre restant sur le tamis d'un millimètre. Après lavage on broie et pulvérise le sable et on traite comme nous avons indiqué, après avoir attaqué par l'acide nitrique. En ce qui concerne la potasse, la proportion en est assez élevée pour qu'il soit nécessaire d'en tenir compte.

*Proportion de matière noire dans la terre.*

| | Sol A | Sol B | Sol C |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Matière noire.................... | 0.91 | 2.25 | 1 138 |
| Acide phosphorique combiné à la matière noire................. | 0.036 | 0.038 | 0.038 |

*Composition de la matière noire.*

| | Sol A | Sol B | Sol C |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Cendres......................... | 15.50 | 22.50 | 37.95 |
| Acide phosphorique.............. | 3.95 | 1.68 | 3.307 |
| Alumine et sesquioxyde de fer..... | » | » | 17.300 |
| Chaux.......................... | » | » | 0.633 |
| Magnésie........................ | » | » | 0.105 |
| Potasse......................... | » | » | 0.147 |
| Soude.......................... | » | » | 0.026 |

*Proportion d'acide phosphorique cédé par 100 grammes de terre desséchée à 100 aux dissolvants suivants.*

| | Sol A | Sol B | Sol C |
|---|---|---|---|
| | p. 100 | p. 100 | p. 100 |
| Eau régale....................... | 0.108 | 0.072 | » |
| Oxalate d'ammoniaque............ | 0.056 | 0.048 | » |
| Citrate d'ammoniaque............. | 0.042 | 0 034 | 0.012 |
| Acide acétique................... | 0.018 | 0.013 | » |
| Eau saturée de $Co^2$............... | 0.015 | 0.013 | » |
| Eau distillée..................... | 0.012 | 0.011 | » |

*Composition de la terre restant sur le tamis d'un millimètre.*

| | Sol C |
|---|---|
| | p. 100 |
| Acide phosphorique......................... | 0.0099 |
| Potasse.................. ................. | 0.010 |

On voit, d'après le tableau des principes solubles dans l'acide nitrique, que la composition de ces trois terres s'écarte notablement de la composition type indiquée par M. Joulie. D'après lui, la composition d'une bonne terre serait la suivante[1] :

| | p. 100 |
|---|---|
| Azote...... . ........................ ... | 0 100 |
| Acide phosphorique.. ............ ........ | 0.100 |
| Potasse........... ....................... | 0.250 |
| Chaux.................................. | 5.000 |
| Magnésie................................ | 0.300 |

1. Joulie, *Étude sur les prairies.*

L'azote serait donc en quantité suffisante dans les trois sols, tandis qu'au contraire l'acide phosphorique serait en proportion trop faible dans les sols B et C. La potasse, la chaux et la magnésie font défaut dans les trois terres, et l'analyse de la partie insoluble montre qu'elles en seraient rapidement épuisées, attendu qu'elles en renferment très peu en quantité absolue, si la quantité apportée par les engrais n'était pas au moins égale à la quantité enlevée par les récoltes.

Il résulte donc de l'examen de ces chiffres, que, pour faire une bonne culture, on devrait tout d'abord pratiquer un chaulage et alterner l'emploi des engrais phosphatés et potassiques avec le fumier de ferme. Malgré leur faible richesse, les sols A et C donnent chaque année des produits moyens. Le sol A a fourni en 1881 une très belle récolte de choux, obtenue par une fumure de cendres, et le noir animal.

Le sol B, malgré le taux élevé d'azote qu'il renferme, s'est montré généralement moins productif, à cause sans doute du peu d'acide phosphorique qu'il contient. Il faudrait donc commencer par y incorporer des engrais phosphatés.

Le sol C, qui, d'après les cultivateurs de la localité, serait le plus fertile des trois (ce qu'ils expriment en disant qu'il a plus de cœur), a été appauvri par des récoltes successives de céréales, de sorte que maintenant on est obligé de fumer fortement, et on obtient des récoltes moins abondantes.

L'analyse montre, en effet, que sa richesse est descendue à un niveau intermédiaire entre les deux autres.

---

## REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

### Chimie appliquée.

*Dosage du potassium.* — On sait que le poids atomique du platine a été définitivement fixé, par les dernières recherches de M. Seubert, à 194,46; il en résulte que 100 grammes de chloroplatinate de potassium renferment 30$^{gr}$,697 de chlorure de potassium. M. Frésénius assure que ce coefficient donne, dans la pratique, des résultats trop forts, à cause de la presque impossibilité qu'on éprouve à dessécher complètement le chloroplatinate, même après plusieurs heures de séjour à l'étuve à 130°; il propose de conserver dans le calcul des analyses l'ancien multiplicateur 0,3056, qui conduit à des résultats sensiblement exacts. (*Bulletin de la Soc. chim. de Paris.*)

*Préparation des liqueurs acidimétriques normales.* — La liqueur titrée dont on se sert dans les dosages alcalimétriques est ordinairement préparée avec de l'acide sulfurique pur, convenablement étendu, et titrée en poids par le chlorure de baryum. M. KNUBLAUCH propose de déterminer le titre de cette liqueur au moyen du sulfate d'ammoniaque pur : un poids connu de ce sel est distillé avec un excès de potasse dans un appareil BOUSSINGAULT, et les vapeurs recueillies dans 10$^{cc}$ de l'acide à titrer ; la perte en acide libre correspond exactement à l'ammoniaque dégagée, et par suite à l'acide contenu dans le sel employé. C'est l'ancienne méthode préconisée par M. FERDINAND JEAN.

M. RICHTER compare l'acide à titrer avec une dissolution connue de bichromate de potassium pur à l'aide d'une liqueur alcaline quelconque, il faut opérer en présence de phtaléine du phénol; le curcuma et le tournesol, étant oxydés par le bichromate, ne peuvent être employés dans ce cas (*Zeitschrift für analytische Chemie*, t. XXI).

Il ne sera peut-être pas inutile de décrire, à ce sujet, une méthode que nous employons depuis longtemps déjà pour effectuer ce titrage, et qui donne, en très peu de temps, des résultats fort exacts. Soit $X$ la quantité d'acide sulfurique anhydre existant dans 10$^{cc}$ de liqueur, V le volume de dissolution alcaline que neutralise exactement ce poids d'acide; on mesure un nouveau volume V de potasse, on l'introduit dans une capsule en platine avec un demi-gramme de sulfate d'ammoniaque pur, et on chauffe au bain-marie jusqu'à disparition de toute odeur ammoniacale. On ajoute alors au résidu 10$^{cc}$ de la liqueur sulfurique et on titre au tournesol avec la même solution de potasse qui a été déjà employée. Soit V′ le volume nécessaire pour achever la saturation, il est évident qu'il correspond à la quantité d'acide existant dans 0$^{gr}$,500 de sulfate d'ammoniaque, soit 0$^{g}$, 3030; par suite $X = 0{,}303 \frac{V}{V'}$.

Cette méthode n'exige aucun soin particulier, et ne nécessite pas l'emploi d'acides purs, ce qui est indispensable lorsqu'on effectue le titrage au chlorure de baryum. Le sulfate d'ammoniaque doit être préparé par la combinaison directe du gaz ammoniac avec l'acide sulfurique pur, et cristallisé en neige en liqueur alcaline; on doit le sécher à froid sous l'exsiccateur pour éviter toute dissociation. L. MAQUENNE.

*Préparation des sulfocarbonates*, par M. SESTINI. — L'auteur chauffe à 60°, au réfrigérant ascendant, parties égales de sulfure de carbone, de chaux éteinte et de carbonate de potasse, préalablement dissous dans cinq fois son poids d'eau. On obtient ainsi une dissolution de sulfocarbonate de potassium et une pâte de sulfocarbonate de calcium facile à transporter. Le prix de revient de cette fabrication serait d'environ 25 francs pour 15 kilogrammes de sulfure de carbone combiné (*Bulletin de la Soc. chim. de Paris*).

*Le melon comme source d'alcool*, par M. LEVAT (*Comptes rendus*, 3 septembre). — L'auteur annonce avoir obtenu 5 litres d'alcool utilisable (à 90°?) par la fermentation du jus, interverti, de 30 kilogrammes de melon. Avant l'inversion, le liquide ne fermenterait pas. M. LEVAT propose, en conséquence, d'utiliser le melon à la fabrication industrielle de l'alcool. Il nous est impossible d'adopter ces conclusions : en effet, la valeur commerciale de l'alcool est trop faible pour qu'il soit possible de couvrir es seuls frais d'achat, même avec le rendement

excessif qui est annoncé. Ce rendement, enfin, nous paraît fort exagéré, car il suppose, dans le jus même du melon, une richesse en sucre de plus de 30 pour 100. Ce chiffre n'est atteint ni par la betterave, ni par la vigne, ni par la canne, et, s'il était réel, il y aurait certainement avantage à employer le melon en sucrerie plutôt qu'à le distiller. Quelques essais tentés en vue d'extraire directement le sucre du melon n'ont pas abouti; c'est qu'en effet ce fruit, renfermant d'ordinaire plus de 90 pour 100 d'eau, ne peut donner plus de 10 pour 100 de sucre ou 5 pour 100 d'alcool, quantités tout à fait insuffisantes.

Voici, du reste, et à titre de renseignement, deux analyses que nous avons eu occasion de faire il y a quelques mois sur des melons parfaitement mûrs et de bonne qualité.

| | I | II |
|---|---|---|
| Eau dans la pulpe fraîche........................ | 93, 30 | 92, 10 |
| Densité du jus.................................. | 1, 028 | 1, 031 |
| Sucre réducteur pour 100 de jus.................. | 1, 81 | 2, 00 |
| Sucre cristallisable pour 100 de jus............. | 3, 45 | 3, 30 |

Un troisième échantillon, dans lequel on n'a dosé que la matière sèche, contenait 92,72 pour 100 d'eau.

Le sucre réducteur et le sucre cristallisable ont été dosés par la liqueur cuivrique. L'examen polarimétrique des jus, avant et après l'inversion, a fait voir que le sucre réducteur est du sucre interverti, c'est-à-dire un mélange à parties égales de dextrose et de lévulose. L. MAQUENNE.

## Bibliographie.

*Notions d'agriculture et d'horticulture*, par MM. BARRAL ET SAGNIER. *Cours supérieur: agriculture, arboriculture, horticulture. Hachette.* — Il n'est pas, pour un écrivain scientifique, de plus redoutable épreuve que la composition d'un livre élémentaire. La nécessité d'être court et précis impose l'obligation de savoir se décider entre des opinions diverses, il faut prononcer, juger, sans avoir le loisir de motiver les arrêts. La difficulté redouble quand on écrit pour des enfants dont l'esprit n'a été que médiocrement ouvert par des études antérieures, et qu'on leur parle d'objets qu'ils ont constamment sous leurs yeux. Une extrême netteté devient la qualité qu'il faut rechercher, une exactitude absolue est nécessaire, car la moindre erreur relevée, entraînerait la perte de la confiance du lecteur.

MM. Barral et Sagnier ont parfaitement réussi dans l'œuvre qu'ils ont entreprise, et le volume qu'ils viennent de donner au public ne le cède en rien aux précédents, il répandra parmi les élèves des écoles communales des notions saines, des faits précis débarrassés de toutes vues théoriques *à priori* dont l'influence a été si souvent funeste aux progrès agricoles.

L'ouvrage est enrichi de figures nombreuses et exécutées avec le plus grand soin; elles éclairent le texte et raniment l'attention. MM. Barral et Sagnier ont, en outre, eu l'excellente idée de consacrer quelques lignes à la biographie des agronomes les plus distingués; il est bon que les enfants connaissent les noms de ces hommes modestes, qui ont plus contribué au bonheur de l'humanité que les conquérants les plus célèbres.

*Le Gérant* : A. MASSON.

MOTTEROZ, Adm.-Direct. des Imprimeries réunies, B.

SUR LES CAUSES

ET

SUR LES LIMITES

# DES VARIATIONS DE STRUCTURE DES VÉGÉTAUX

PAR

M. JULIEN VESQUE

Le travail dont je soumets les résultats à l'appréciation du lecteur, n'est qu'une partie expérimentale d'une longue série des recherches à la fois anatomiques et physiologiques auxquelles je me livre depuis dix ans, dans le double but de voir par quels moyens les plantes sont adaptées au milieu qui les entoure et jusqu'à quel point une même espèce ou, d'une manière plus générale, une même forme, peut varier sous l'influence de ce milieu.

Les variations de la forme extérieure étant déjà suffisamment connues, il est tout naturel que je me sois attaché plus particulièrement à élucider les modifications, beaucoup plus intéressantes, de la structure interne, d'autant plus que cette étude promettait *a priori* des résultats importants, tant au point de vue des procédés de culture, qu'à celui de la délimitation des espèces et des groupes hiérarchiques inférieurs.

Je divise ce mémoire en deux parties qui paraîtront successivement et dont la première comprendra un résumé de mes observations expérimentales, la seconde une étude philosophique de l'adaptation des végétaux et l'application des résultats à la culture en général et en particulier à l'horticulture et à la culture maraîchère.

Ceci n'est du reste qu'une notice préliminaire. Le travail *in extenso*, indiquant en détail les procédés d'expérimentation, est préparé pour une prochaine publication.

### I. — Les prétendues causes finales dans l'influence du milieu[1].

Un grand nombre d'observateurs s'occupent depuis quelques

1. La grande et peut-être l'unique pensée philosophique qui se dégage de ces recherches, c'est qu'il n'y a pas de lien direct entre l'effet physiologique d'une modifi-

années, de l'influence du milieu sur la structure des végétaux, tant externe qu'interne ou anatomique.

Ces recherches semblent aboutir aux yeux des personnes peu versées dans ce genre d'études à deux conclusions d'une gravité extrême et qu'il importe de combattre. La première de ces conclusions figure en tête de ce chapitre, la seconde peut se formuler ainsi : s'il est vrai que les plantes savent se plier aux conditions extérieures, en modifiant soit leurs formes externes soit leurs formes internes, il est impossible d'utiliser ces formes externes ou internes dans la classification; et en outre d'en tirer parti, si on veut déterminer par l'anatomie les conditions hygiéniques ou culturales qui leur conviennent. Car, disons-le tout de suite, j'ai la ferme conviction que le jour est proche où le jardinier, en présence d'une plante nouvelle, l'examinera au microscope pour savoir comment il faudra la cultiver.

M. Mer, l'un des savants qui s'est occupé avec le plus de succès de l'influence du milieu, me paraît être le seul qui se préoccupe *visiblement* de l'élimination de ces absurdes causes finales qui surgissent de toutes parts dans ces recherches. Les auteurs allemands, se bornant en général à enregistrer les résultats, laissent prudemment de côté le revers philosophique de la question; quelques-uns ne craignent pas de mêler aux causes physiques des changements observés, des causes dites téléologiques qui ne sont pas des causes, mais des conséquences : cela est d'autant plus singulier qu'ils en ont parfaitement conscience de cette confusion; ainsi, M. Franck Schwarz, dans un mémoire récemment paru, dit ceci : « La suppression des poils radicaux à l'humidité excessive, l'augmentation de ces mêmes poils lorsque l'eau arrive difficilement, doivent être considérées comme un *phénomène d'adaptation* aux conditions exté-

cation introduite dans la structure d'un végétal et la cause même de cette modification. Il est vrai qu'on assiste quelquefois à des phénomènes *d'autorégulation*, mais celle-ci ne constitue pas plus une cause finale que le régulateur à force centrifuge d'une machine à vapeur qui, par sa vitesse, s'oppose à l'exagération de cette vitesse.

Ce que je viens de dire paraîtrait enfantin et inutile si on ne rencontrait à chaque instant des idées semblables exprimées en toutes lettres dans les livres. Il est vrai, que plusieurs auteurs pensent, en s'exprimant ainsi, à un pouvoir particulier de la plante, à un pouvoir inné, héréditaire, providentiel pour les uns, acquis par sélection pour les autres, et qui consiste à varier d'une manière utile, à tirer parti des influences extérieures, en variant de manière à s'adapter à ces mêmes influences. Je crois, en effet pour ma part, que l'existence d'une telle habitude est incontestable dans certains cas; j'y reviendrai dans la seconde moitié de mon travail.

rieures; — mais ceci est plutôt une explication teléologique que l'indication d'une cause. » Ne dirait-on pas que l'auteur croit à un mystérieux pouvoir de la plante de s'adapter immédiatement *motu proprio* aux exigences d'un milieu trop sec ou trop humide?

Il sera utile d'éclairer ces relations entre le but d'une disposition nouvellement acquise et la cause de cette disposition, par quelques-uns des exemples les plus frappants.

Lorsqu'on lit les plus récents travaux sur le développement et sur l'utilité des cellules en palissades, on ne peut se défendre de cette troublante idée d'une concordance entre l'effet physiologique des rayons lumineux sur la structure de la feuille et l'utilité de la structure ainsi acquise pour une végétation régulière, dans le milieu même qui a fait naître cette modification. Cependant tous ces auteurs ont été trop sages pour exprimer une idée semblable. N'est-il pas curieux, en outre, de voir la feuille aérienne d'un *Ranunculus sceleratus*, par exemple, garnie de stomates sur les deux faces et présenter même plus de stomates à la face inférieure qu'à la face supérieure, tandis qu'une feuille flottante de la même plante n'a de stomates qu'à la face supérieure? Les stomates sont en effet inutiles dans l'eau.

Je pourrais multiplier à l'infini les exemples de cette nature, tels que les plantes poussées en cave, qui se dirigent vers le soupirail pour recevoir la lumière dont elles ont tant besoin, les herbes qui se couvrent de poils dans les endroits secs, pour éviter une trop forte transpiration, les plantes couchées, comme le *Polygonum aviculare*, qui se dressent lorsqu'elles sont entourées d'un grand nombre d'autres plantes, pour prendre leur part d'air et de jour.

Le premier souci du savant doit être de rechercher la véritable cause immédiate de ces changements, sans se préoccuper de leurs résultats physiologiques. C'est ce que nous allons faire successivement pour les organes suivants: *a*, les cellules en palissades; *b*, les cellules épidermiques; *c*, le tissu spongieux des feuilles; *d*, les poils; *e*, les stomates.

Je joindrai ensuite à ces différentes études l'exposé des expériences que j'ai faites pour éclairer les causes de quelques modifications importantes qu'éprouvent les formes des végétaux dans divers milieux; *f*, l'étiolement; *g*, la carnosité.

J'espère que jointes aux travaux de M. Mer et d'autres observa-

teurs, ces recherches contribueront à la solution définitive du problème de l'influence du milieu.

*a*). *Les cellules en palissades.* — L'attention particulière qu'on accorde aux cellules en palissades des feuilles date d'un travail de M. Stahl, dans lequel il est prouvé que ces cellules sont en quelque sorte une forme économique du tissu assimilateur destiné à travailler au milieu d'un éclairage dont l'intensité dépasse l'optimum. En effet, les grains de chlorophylle ne sont pas immobiles dans une cellule isodiamétrique; lorsque, par exemple, l'éclairage est faible, ils se rangent tous, dans les cellules, sur les faces qui reçoivent les rayons lumineux normalement, de manière à ne rien laisser perdre; lorsqu'il est fort, ils vont se placer au contraire le long des parois situées dans la même direction que les rayons lumineux qu'ils ne reçoivent plus que sur leur tranche et auxquels ils peuvent même se dérober, un grand nombre de ces grains étant placés derrière les autres. Lorsqu'une plante est destinée à vivre en plein soleil, les cellules de l'assise supérieure du mésophylle, ou celles des deux, trois ou plusieurs assises supérieures, ou bien de une ou de plusieurs assises de la face supérieure et de une ou de plusieurs assises de la face inférieure ou enfin toutes les cellules du mésophylle, au lieu d'être isodiamétriques ou tabulaires, s'allongent perpendiculairement à la surface. Leurs parois longitudinales présentent un développement considérable, mais leurs faces, supérieure et inférieure, sont très petites; les grains de chlorophylle rangés le long des parois ne peuvent pas prendre place sur ces faces trop petites, la cellule est évidemment construite en vue d'un éclairage violent, et les grains de chlorophylle ne présentent jamais que leur tranche. Chacun d'eux est, du reste, doué de mouvement, en ce sens qu'il peut s'enfler de manière à faire saillie dans l'intérieur de la cellule et accrocher ainsi les rayons obliques qui peuvent le frapper; pendant ce mouvement, il perd naturellement en extension plane ce qu'il gagne en épaisseur.

Ces cellules ont reçu le nom de « cellules en palissades » ou par abréviation de « palissades ».

En un mot, les plantes héliophobes jouissent de la faculté de saisir aussi parfaitement que possible les moindres rayons lumineux par les déplacements des grains de chlorophylle et de soustraire ceux-ci à l'action funeste d'un éclairage trop vif, tandis que cette disposition serait inutile aux plantes héliophiles qui peuvent

se contenter des changements de forme, beaucoup moins efficaces, des grains de chlorophylle eux-mêmes.

L'expérience a démontré que lorsqu'on force une plante héliophobe à vivre au soleil, elle produit des cellules en palissades et qu'inversement les plantes héliophiles placées à l'ombre ne forment plus des palissades aussi longues que dans leur station habituelle.

Toutes les plantes ne sont pas aptes à varier ainsi sous l'influence de la lumière, car on a constaté que beaucoup de plantes héliophobes changent à peine de structure au soleil et périssent. Tous les jardiniers savent d'un autre côté qu'il est impossible de cultiver à l'ombre certaines plantes héliophiles. Nous en avons un exemple déplorable à l'École de botanique du Muséum, où l'emplacement des espèces est exclusivement déterminé par la classification adoptée. Les Capparidées, qui sont presque toutes héliophiles au plus haut degré, y sont rangées à l'ombre d'une série de grands arbres; il a fallu renoncer à la culture de ces plantes.

Il y a donc des plantes variables et d'autres qui le sont peu ou point. Une étude approfondie de cette particularité ne serait pas à sa place dans ce recueil; je me bornerai donc à exprimer aussi brièvement que possible une pensée à ce sujet.

Si on examine la structure anatomique de la feuille de tous les représentants d'un même groupe naturel présentant les mêmes caractères organographiques, on arrive toujours (mes études ont porté sur plus d'une centaine de ces groupes) à se faire de ce groupe l'image suivante :

Au centre, on constate l'existence d'un ensemble de formes ni très héliophiles ni très héliophobes, par conséquent intermédiaires, qui se distinguent entre elles par des caractères vagues, mal limités, qui passent les unes aux autres, formant ainsi ce qu'on appelle des espèces affines et qui pourront donner aux descripteurs le plaisir de créer autant d'espèces qu'ils voudront. Autour de ce massif se groupent des formes extrêmes dans leurs habitudes, les unes absolument héliophobes ou aquatiques, les autres extrêmement héliophiles, adaptées à un sol aride et à un ciel éclatant.

Les plantes d'un noyau central varient constamment; elles sont habituées par hérédité à varier, tandis que les autres, adaptées depuis fort longtemps à leur milieu extrême, ont perdu cette habitude : elles périssent lorsqu'on essaye de les changer de milieu.

Toutes nos plantes cultivées, d'une manière générale, c'est-à-dire celles qui ne sont pas liées, comme le Câprier, à une station très limitée, appartiennent à la première catagorie.

Il est presque inutile d'ajouter qu'un simple examen anatomique suffit pour qu'on soit renseigné sur la place qu'une espèce quelconque occupe dans cet ensemble.

Ceci posé, nous pouvons passer à l'étude des *causes de la formation des cellules en palissades*. M. Mer[1] est, à ma connaissance, le seul qui ait abordé ce problème difficile. Il est donc nécessaire, avant d'aller plus loin, d'examiner ses conclusions.

Il écrit : « Il ressort de recherches récentes que le développement des cellules palissadiques est favorisé par l'action de la lumière sur les cellules de la face supérieure, car à l'obscurité il ne s'opère pas, ou s'opère incomplètement. Leur présence, quoique à l'état rudimentaire dans une feuille étiolée ou en hyponastie[2], ne peut être attribuée qu'à un effet héréditaire... Ce phénomène se manifestant dans un air humide et même sous l'eau, on doit en conclure qu'il peut se produire en l'absence de transpiration et que, par conséquent, la lumière n'agit pas sur le développement des cellules palissadiques en favorisant cet acte. Mais, si la transpiration n'est pas indispensable à sa manifestation, elle contribue du moins à son développement; car l'expérience montre que ces éléments n'acquièrent leurs dimensions normales que dans un air suffisamment sec. D'autre part, l'assimilation contribue aussi à leur croissance; car celle-ci est entravée dans un air dépouillé d'acide carbonique. C'est en somme, à l'activité de la nutrition résultant de l'action lumineuse dans un air sec qu'est dû le grand développement des cellules palissadiques. »

Il me paraît légitime d'éliminer de suite l'influence de la nutrition en général, car il est évident qu'aucun organe, quel qu'il soit, ne prendra son développement normal, lorsque cette fonction maîtresse est entravée. Restent donc : la lumière, la transpiration et l'hérédité.

On comprend qu'une nutrition active favorise le développement d'un tissu quelconque, mais rien jusqu'à présent ne nous dit qu'elle

1. *Bull. de la Soc. bot. de France*, 1883, p. 110.

2. La feuille en épinastie reçoit les rayons lumineux perpendiculairement à sa surface tandis que la feuille en hyponastie les reçoit sensiblement sur sa tranche, parallèlement à son propre plan.

ait une influence sur la forme de ce tissu. Dans le cas spécial qui nous occupe, l'abondance des matériaux de construction peut donner aux tissus de la face supérieure de la feuille un développement considérable, mais pourquoi les cellules ainsi formées prendraient-elles la forme palissadique au lieu de se diviser transversalement en tronçons plus ou moins courts? M. Mer présuppose, sans le dire, une tendance virtuelle, probablement héréditaire, dans son esprit, à la production de cellules palissadiques. Il est possible et même probable que cette tendance existe dans un grand nombre d'espèces, notamment dans celles qui sont habituées depuis de longues générations à la vie héliophile, mais elle n'est certainement pas générale.

Voici par exemple le résultat d'une expérience faite en 1881 sur des Épinards cultivés dans un sol léger, abondamment fumé.

Une feuille exposée au soleil mesurait $0^{mm},40$ d'épaisseur, une autre prise à l'ombre, une épaisseur de $0^{mm},45$ ; le mésophylle de la première était composé, en moyenne, de sept assises de cellules, celui de la seconde, de sept à huit assises. On ne peut donc pas dire que cette dernière a été moins abondamment nourrie. Mais une différence considérable séparait ces deux feuilles, quant à la nature du mésophylle. Dans la première, la moitié au moins de l'épaisseur totale du mésophylle était occupée par trois assises de cellules en palissades, de deux à trois fois plus longues que larges ; dans la seconde les cellules étaient toutes isodiamétriques, sauf celles de l'assise supérieure qui présentaient également la forme de palissades au moins trois fois plus longues que larges, mais presque toutes divisées transversalement par une cloison située au milieu de la hauteur.

M. Mer conçoit autrement que je ne crois devoir le faire, l'influence de l'*hérédité*. Cette divergence d'opinion est facile à comprendre, quand on considère que l'influence de l'hérédité ne saurait être déterminée autrement que par différence, c'est-à-dire qu'on ne peut avoir recours à l'hérédité que lorsque tous les facteurs physiques sont éliminés. Il me semble que M. Mer se hâte trop d'attribuer certains phénomènes à l'hérédité ; il trouve par exemple que les feuilles du lilas sont tellement habituées à se placer horizontalement que c'est par hérédité simple ou par une action inductive de la lumière, qu'elles prennent cette position à l'obscurité. (Voyez : *Annales agron.*, t. IX, p. 229.) Dans ce nouveau mémoire, il croit nécessaire de recourir à l'hérédité pour expliquer la formation

de palissades dans une feuille en hyponastie ou dans une feuille étiolée. Et cependant, M. Mer admet l'influence de la transpiration sur le développement de ce tissu particulier. Est-ce donc qu'une feuille en hyponastie ou une feuille étiolée ne transpire pas? Pour montrer que la lumière n'agit pas par l'intermédiaire de la transpiration, M. Mer fait remarquer que les palissades se développent encore dans l'air humide et même dans l'eau. Or, dans l'air humide les plantes transpirent absolument comme les corps inertes qui se trouveraient dans les mêmes conditions de rayonnement de couleur, de surface, et de température et d'hydratation : la transpiration n'y subit pas d'autre changement que de devenir indépendante directement de la température de l'air ambiant[1]. Qui nous prouvera que les tissus ne transpirent pas dans l'eau? Une plante immergée, exposée au soleil, s'échauffe inégalement suivant que ses parties sont à la lumière ou dans l'ombre; il y a une atmosphère confinée dans la plante : il *doit* donc distiller de l'eau des endroits les plus chauds aux endroits les plus froids et il est même fort possible que de l'eau sorte de la plante pour se perdre dans le liquide ambiant plus froid, quitte à être remplacée dans les plantes par de l'eau prise par des organes moins échauffés.

On croit volontiers que les plantes submergées ne possèdent pas de circulation d'eau. Je suis d'avis que cela mériterait d'être démontré directement, car : 1° les grands méats particuliers aux plantes aquatiques sont remplis d'une atmosphère saturée qui favorise au plus haut degré les distillations locales, distillations qui se font des organes colorés et chauds vers les organes incolores et froids ou vers l'extérieur ; 2° ces plantes sont pourvues de vaisseaux en petit nombre il est vrai, mais enfin souvent fort développés quant à leur volume[2].

1. Voyez : Vesque. L'absorption de l'eau dans ses rapports avec la transpiration. (*Annales des sciences naturelles*, 6e *série*, t. IV, p. 129).

2. Les méats aérifères énormes des plantes aquatiques me paraissent être un instrument admirable servant à l'absorption des sels nourriciers contenus dans le sol ou dans l'eau ambiante. L'expérience faisant complètement défaut dans cette question, je pense qu'on me pardonnera volontiers ce péché contre le principe expérimental, d'autant plus que ce que je vais dire est tout simplement une nécessité physique.

Nous savons que, dans un étang, l'eau la plus chaude se trouve à la surface, et l'eau la plus froide au fond, en supposant que la température minima ne descend pas au-dessous de 4 degrés. La plante aquatique baigne dans ce liquide, les organes verts en haut, les racines en bas. De ce que les organes verts s'échauffent plus au soleil que les organes incolores, de ce que l'eau est plus chaude à la surface qu'au fond, il résulte

On peut dire jusqu'à présent que partout où la lumière pénètre il y a transpiration. Il est impossible de soutenir que la lumière agit sur le développement des cellules en palissades sans l'intermédiaire de la transpiration. Lumière et transpiration sont deux choses qu'on n'a pas encore pu séparer.

Si cela est vrai, comment pourrons-nous faire pour savoir auquel des deux phénomènes, assimilation ou transpiration, il faudra attribuer le développement des cellules en palissades?

J'ai fait, soit seul, soit avec la collaboration de M. Viet, un très grand nombre de cultures qui ont toutes fourni ce résultat unique, que la formation des cellules palissadiques peut toujours être ramenée à l'action de la transpiration. Je rendrai compte un peu plus tard de toutes ces expériences que j'aurai alors à discuter en détail.

Les palissades se forment dans l'air sec et à l'obscurité ; ce n'est donc pas la lumière en tant que lumière qui en provoque le développement. Ce ne peut être que la transpiration : de ce qu'elles sont moins longues à l'obscurité qu'à la lumière on ne peut rien conclure, parce que la transpiration est sans doute moins forte et parce que l'assimilation du carbone est supprimée.

Il me reste à dire ce que je pense de l'intervention de l'hérédité dans la formation de ce tissu.

Les feuilles de certaines plantes ne forment jamais de palissades, quel que soit le milieu ambiant ; d'autres au contraire en forment avec la plus grande facilité.

La plupart des espèces ne possèdent de palissades qu'à la face supérieure des feuilles de sorte que celles-ci sont bifaciales, c'est-à-dire pourvues de deux faces différentes. D'autres présentent ces cellules sur les deux faces, soit que les feuilles occupent une

qu'il y a une rupture continuelle de l'état hygrométrique dans des grands méats aérifères, c'est-à-dire que de l'eau distille des parties chaudes aux parties froides et que cette eau distillée, pure, transportée aux racines, favorise l'absorption des aliments contenus dans le sol. On m'objectera qu'il n'y a aucun avantage à cela puisque l'eau elle-même contient des sels assimilables ; mais il y a des matières minérales et organiques insolubles, cachées dans le sol, qui ne deviennent solubles qu'au contact de la plante et plus particulièrement des racines. C'est ainsi que nous pouvons comprendre l'avantage qu'il y a, pour des plantes palustres, à s'enraciner dans le sol, au lieu d'être simplement flottantes. Je pense que tout le monde, comme moi, renonce à l'idée des racines transformées en simples crampons, qui n'absorbent rien, aujourd'hui où l'on sait que les feuilles et même les jeunes fruits peuvent absorber à leur profit les matières assimilables qu'on leur offre.

position verticale, soit qu'elles offrent une forme plus ou moins cylindrique : ce sont des feuilles centriques. La tendance à produire des cellules palissadiques, tantôt à la face supérieure, tantôt aux deux faces, tantôt ce qui est plus rare, seulement à la face inférieure, ou même ailleurs, par exemple, autour des faisceaux, comme dans le pourpier, est certainement un effet de l'hérédité; mais, notons bien ceci, la tendance seule est héréditaire et pour que les palissades se transforment, il faut l'intervention du milieu.

Il résulte de ceci, entre autres conclusions, que si on veut utiliser les caractères anatomiques dans la classification, on ne doit s'attacher qu'à ceux qui se transmettent par l'hérédité; par conséquent, dans le cas présent, à la présence des cellules en palissades à la face supérieure, à la face inférieure, aux deux faces, ou en d'autres endroits déterminés : leur développement relatif n'acquiert une importance spécifique que lorsqu'il est prouvé que la plante ne tolère pas de transport dans un milieu autre que le sien ; lorsqu'il s'agit d'une de ces espèces du groupe central dont il a été question plus haut, il perd toute signification taxinomique et indique seulement les conditions dans lesquelles la plante a végété.

Enfin, pour montrer le lien étroit qui existe entre ces faits et l'en-tête de ce chapitre, remarquons que l'activité de la transpiration produit un changement, qui profite surtout à l'assimilation, qu'il n'y a pas de relation directe entre la cause de la modification introduite dans le végétal et l'utilité physiologique de cette modification. La transpiration étant forte, la plante peut être amenée à former de grandes palissades, organes qui rendent le végétal propre à assimiler au soleil le plus ardent.

Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue qu'en attribuant à la transpiration ou à l'assimilation la formation des cellules en palissades, nous sommes encore loin de connaître le véritable mécanisme de la formation de ce tissu; il faudra notamment rechercher pourquoi les cellules allongées d'une plante exposée au soleil ne se divisent pas transversalement.

*b*). *Les ondulations des cellules épidermiques.* — On s'est évertué depuis longtemps à rechercher sous quelle influence de milieu les parois latérales des cellules épidermiques prennent cette forme onduleuse si caractéristique, et on est arrivé à des résultats fort incertains; en effet, les différents agents physiques n'agissent pas d'une manière constante. M. Mer pense que la différence qui existe

entre l'épiderme supérieur et l'épiderme inférieur, quant aux dimensions des cellules et quant aux degrés d'ondulation de leurs parois latérales, provient de l'inégalité de la nutrition à la face supérieure et à la face inférieure des feuilles. J'avoue ne pas comprendre pourquoi une nutrition insuffisante produirait des cellules plus petites (en surface, car c'est évident pour la hauteur) et des parois plus sinueuses. Il me semble, au contraire, qu'à épaisseur de paroi égale il faudra d'autant plus de matériaux de construction que les cellules seront plus petites et par conséquent plus nombreuses pour une même portion de feuille et que les parois s'écarteront davantage de la rectitude : je me figure que le contenu, en matière sèche, d'une cellule épidermique est minime comparativement à la masse de la paroi cellulosienne.

Voici une autre explication, qu'on jugera peut-être digne d'être prise en considération et dont j'ai exposé les principes dans une note récente[1].

Je suppose, pour simplifier le problème, que les parois cellulaires sont partout de même épaisseur et de même résistance à la traction et qu'une action mécanique peut influencer la rapidité de l'accroissement d'une cellule dans ses différentes parties, c'est-à-dire que cette cellule s'accroîtra d'autant plus rapidement qu'elle éprouvera moins de résistance de la part de ses voisines.

Ceci posé, considérons d'abord une cellule isolée, présentant un contour hexagonal régulier; cette cellule perd de l'eau soit par transpiration directe, soit par transmission aux cellules sous-jacentes, sa paroi externe et peut être aussi sa paroi interne se gauchissent, deviennent concaves si elles étaient planes, moins convexes si elles étaient convexes et se trouvent ainsi dans un état de tension continuellement changeant, tension qui se traduit au pourtour de la cellule par une traction et qui s'oppose à l'accroissement en surface de la cellule. Prenons, pour fixer les idées, le cas d'une cellule plane. Cette traction, est-elle égale en tous les points de la périphérie? Non, elle atteint son maximum suivant les apothèmes et son minimum suivant les rayons du cercle circonscrit allant aux angles du polygone. Si la cellule s'accroît elle s'agrandira davantage aux endroits où elle éprouve le moins de résistance, c'est-à-dire aux angles, et de polygone convexe qu'elle était, elle devient

1. Comptes rendus, 1883.

polygone étoilé. A mesure que ce changement de forme se produit, les différences de tension suivant les apothèmes et suivant les rayons ne font que s'exagérer, et la cellule se lobe de plus en plus profondément.

L'intensité de ce phénomène s'accroît : 1° avec la différence entre les rayons du cercle circonscrit ; 2° avec les changements de volume de la cellule, c'est-à-dire : *a*, avec la minceur des parois externe et interne ; *b*, avec la perméabilité de ces parois pour l'eau ; *c*, avec l'intensité de la transpiration directe, et avec les quantités d'eau empruntées à l'épiderme par les tissus sous-jacents, c'est-à-dire avec la transpiration de ces tissus et indirectement avec le nombre et la grandeur des stomates et avec le développement du système méatique du mésophylle.

Ce qui est vrai pour une cellule, l'est également pour un système de cellules dont les parois latérales dessinent un réseau hexagonal ; mais il se présente ici une petite complication : en effet, un tel système est en équilibre, les rayons étant partout opposés aux côtés et les apothèmes aux apothèmes. Il est impossible de nier que cet équilibre ne doive être souvent rompu ; une fois rompu, il ne peut plus se rétablir, il est instable, et les parois devenant de plus en plus onduleuses dessinent des cellules engrenées les unes dans les autres.

Pour que l'équilibre instable soit rompu il faut la première et l'une au moins des raisons suivantes :

1° Que la cellule soit douée d'un accroissement propre, individuel ;

2° Que la transpiration ne soit pas la même pour toutes les cellules épidermiques ;

3° Que les cellules sous-jacentes, capables d'emprunter de l'eau à l'épiderme, ne soient pas également réparties sur les différentes cellules épidermiques ;

4° Que des organes spéciaux, intercalés dans les cellules épidermiques ordinaires, tels que les stomates et les poils, troublent dès le commencement la régularité du dessin hexagonal.

Toute personne un peu familiarisée avec l'aspect de l'épiderme supérieur et inférieur sera frappée de la coïncidence vraiment merveilleuse de l'épiderme onduleux avec une ou plusieurs de ces conditions. Il saute immédiatement aux yeux que l'épiderme inférieur doit être presque toujours plus onduleux que l'épiderme

supérieur; on voit pourquoi les feuilles coriaces qui transpirent très peu ont souvent des épidermes rectilignes. Ajoutons que la présence des poils et des stomates sera d'autant plus efficace que la *forme et les dimensions* (plus faibles que celles des cellules environnantes) de leur insertion s'éloigneront davantage de celles des cellules épidermiques ordinaires.

Notons enfin, à titre de corollaires, quelques points qui ne me paraissent pas dépourvus d'intérêt.

1. Les sinuosités que décrivent les parois sont souvent plus profondes au contact de la paroi externe qu'au contact de la paroi interne; il peut même arriver que le dessin est parfaitement rectiligne lorsqu'on met au point l'insertion inférieure des parois verticales. Cela tient à ce que la paroi externe seule est soumise à de continuels changements de tension : c'est un cas qui se présente assez fréquemment; il suffit, en effet, pour cela que les cellules situées immédiatement au-dessous de l'épiderme ne laissent pas entre elles des méats assez vastes et soient elles-mêmes assez résistantes pour ne pas permettre les changements de situation de la paroi épidermique.

2. Dans les *Sarracenia purpurea*, *psittacina*, etc. Le tube de la feuille est tapissé intérieurement d'un épiderme à cellules allongées dans le sens des nervures, à parois latérales épaisses et ponctuées, sensiblement rectilignes, à paroi externe très mince. Au-dessous de cet épiderme se trouve une assise de cellules tabulaires à parois latérales aussi parfaitement sinuées qu'elles peuvent l'être dans l'épiderme onduleux le mieux caractérisé; or, ces cellules se trouvent précisément dans les mêmes conditions mécaniques que des *cellules superficielles*, elles confinent intérieurement à un parenchyme extrêmement lacuneux, à une véritable atmosphère intérieure.

3. Lorsque la paroi externe est d'épaisseur inégale, les parties minces correspondent aux fonds des sinuosités, les parties épaisses aux angles rentrants. Quelquefois, cette paroi présente de véritables ponctuations : elles sont toujours situées au fond des sinuosités.

J'ai cherché à démontrer, dans une note déjà citée, que l'utilité des ondulations des parois épidermiques consiste à permettre à ces cellules des changements de volume beaucoup plus grands qu'ils ne seraient si ces parois étaient rectilignes.

Ainsi, en résumé, les ondulations des parois latérales de l'épi-

derme sont le résultat des changements de volume de ses cellules convoqués par la transpiration et elles favorisent au plus haut degré ces mêmes changements de volume qui sont ainsi doués d'un véritable pouvoir auto-régulateur de cette fonction de l'épiderme.

*c*). *Quelques mots sur le tissu spongieux des feuilles.* — Les expériences de culture m'ont montré que le système méatique des feuilles est d'autant plus développé qu'on diminue davantage l'intensité de la transpiration. Ce résultat n'est pas nouveau. Il vient d'être confirmé encore tout récemment par M. Stahl[1], qui nous apprend qu'une feuille d'ortie poussée au soleil contient un volume d'air égal au cinquième du volume total, tandis que, dans une feuille de la même plante, développée à l'ombre, ce volume atteint près d'un tiers; d'où il résulte que cette dernière transpire beaucoup plus que la première dans les mêmes conditions de milieu. Mes expériences ont surtout porté sur le *Ranunculus sceleratus* cultivé à l'air libre, à l'air humide et au soleil, à l'air humide et à l'abri du soleil et enfin immergé dans l'eau. Toujours les méats intercellulaires sont d'autant plus grands que les plantes transpirent moins. J'ignore complètement comment peut s'expliquer cette action de la transpiration. Le résultat téléologique se réduit à une sorte de régulation de la transpiration, puisque la surface d'évaporation augmente à mesure que les agents physiques de l'évaporation perdent de leur énergie. Le phénomène ressemble, en d'autres termes, à une véritable adaptation directe, comparable à celle des poils radicaux que j'ai mentionnée plus haut. Il y a lieu de rechercher ici comme ailleurs la cause mécanique véritable de la formation des méats.

M. Mer a fait à ce sujet quelques expériences qui l'ont conduit à admettre que les lacunes du parenchyme spongieux des feuilles sont le résultat de l'écartement mécanique des cellules par suite du développement prépondérant du parenchyme supérieur sous l'influence de la lumière. Les preuves qu'il cite ne me paraissent pas absolument convaincantes. Deux raisons principales m'empêchent d'admettre sans discussion cette ingénieuse explication mécanique : 1° il y a des feuilles dont le mésophylle est aussi lacuneux à la face supérieure qu'à la face inférieure; il y en a même qui ne comprennent qu'une seule assise de mésophylle : ce seraient donc les deux

1. Voyez : *Bot. Zeit.*, 1883, p. 331.

épidermes qui, dans ce cas, causeraient l'écartement des cellules; il est vrai que ces épidermes renferment de la chlorophylle dans ce dernier cas (ex. *Potamogeton*) ; 2° dans une feuille bifaciale, l'épiderme inférieur suit le développement de l'épiderme supérieur, quoiqu'il soit dans des conditions de nutrition encore plus défavorables que le parenchyme spongieux; 3° une différence de tension à la face supérieure et à la face inférieure aurait inévitablement pour résultat de donner à la feuille la forme révolutée; 4° il existe, pour ce parenchyme spongieux, des types bien distincts qui dénotent une allure non purement mécanique : tantôt les cellules sont à peu près isodiamétriques et s'arrangent en files croisées en tous sens, tantôt elles sont rameuses et se tiennent par les extrémités de leurs ramifications, tantôt elles se superposent en lamelles muriformes qui circonscrivent des alvéoles verticales régulières ; 5° on trouve parfois des tissus analogues dans des organes et dans des endroits où on ne pouvait pas s'attendre à leur présence, et cela d'une manière constante; ils y dénotent un pouvoir inhérent à l'espèce ou même au genre, par exemple, dans la nervure médiane et même dans le pétiole de tous les *Allamanda* que j'ai eu l'occasion d'étudier et à la même place, dans une autre Apocynée, le *Plumiera alba* où les cellules chlorophylliennes sont disposées autour de longs canaux aérifères au milieu du tissu médullaire compris dans la gouttière que forme le faisceau du pétiole.

*d*). *Les poils*. — C'est à M. Kraus (Triesdorff) qu'on doit l'idée de rattacher la formation des poils à l'excès des matières nutritives et au ralentissement dans la croissance des organes qui les portent. M. Mer adopte cette manière de voir et il l'étend même aux poils radicaux. Cette théorie a toutes les apparences de la vérité, quoiqu'elle semble se compliquer, pour les poils radicaux, d'une propriété particulière des racines, qui ne me paraît pas bien clairement établie, même après le récent travail de M. Frank Schwarz.

Si cette opinion est exacte, nous voyons que la lumière, la sécheresse de l'air, etc., ralentissent la croissance et favorisent le développement des poils, que l'abondance de ces poils devient un instrument protecteur contre la trop grande évaporation. Ici la cause et l'effet sont bien distincts.

Des plantes différentes sont plus ou moins propres à développer des poils sous l'influence du milieu. Tandis que certaines espèces deviennent velues au point d'être méconnaissables, je n'ai jamais

réussi à faire développer un seul poil sur une plante réellement glabre, sur le pois, par exemple. En revanche, la cuticule s'y épaissit notablement sous l'influence du même milieu lumineux et sec.

*e*). *Stomates*. — M. Mer attribue la formation des stomates à la même cause que celle des poils. Il est possible qu'il ait raison dans une certaine mesure. On voit en effet presque toujours le nombre des stomates augmenter avec l'activité de la transpiration, mais il ne faut pas méconnaître ici une influence héréditaire très manifeste que l'expérience suivante va bien mettre en lumière.

Le *Ranunculus sceleratus* est une plante amphibie qui peut fort bien végéter à l'air, mais qui s'accommode aussi bien de la vie aquatique; dans ce dernier mode de vie les pétioles s'allongent énormément et les limbes s'étalent à la surface de l'eau. La plante aérienne présente des stomates sur les deux faces des feuilles, mais beaucoup plus à la face inférieure qu'à la face supérieure; les feuilles flottantes au contraire n'ont pas de stomates à la face inférieure, en contact avec l'eau.

On pourrait croire que le contact de l'eau liquide empêche le développement des stomates. Il n'en est rien. Lorsqu'on cultive la même plante dans l'air saturé et au soleil, il y a bien encore des stomates à la face inférieure, mais moins qu'à la face supérieure et en même temps le nombre total des stomates a diminué, ce qui concorde parfaitement avec les observations de M. Mer. Si, en même temps, on abrite la plante contre le soleil par une simple feuille de papier blanc on trouve le nombre des stomates encore augmenté à la face supérieure et diminué à la face inférieure, et enfin lorsque les feuilles sont maintenues immergées non flottantes, on trouve tous les stomates relégués à la face supérieure, quoique les deux faces de la feuille soient également en contact avec l'eau. Je ne puis m'expliquer cela que par une propriété inhérente à l'espèce qui a l'habitude de faire flotter ses feuilles. Aussitôt que la transpiration est fortement diminuée, les feuilles, croyant flotter (qu'on me permette cette expression imagée) commencent à localiser les stomates à la face supérieure. Nous avons là le plus bel exemple de l'indépendance de la cause physique du phénomène qui est la diminution de la transpiration et l'effet qui consiste à exposer les stomates à l'air.

*f*). *L'étiolement*. — On désigne sous ce nom collectif un ensemble de phénomènes ordinairement concomitants et qui se produisent

à leur plus haute puissance, lorsqu'on cultive les plantes à l'obscurité et dans l'air humide.

Les caractères d'une plante étiolée sont : absence de la chlorophylle, minceur et longueur des organes doués d'un accroissement linéaire, avortement relatif du limbe des feuilles, diminution du nombre des stomates, suppression ou diminution du nombre des poils, réduction extrême de la cuticule, suppression ou réduction des fibres libériennes et des éléments ligneux des faisceaux fibrovasculaires, diminution de la longueur totale des faisceaux libéro-ligneux qui desservent l'unité de surface du limbe de la feuille, défaut de différenciation du parenchyme de la feuille et de l'écorce primaire, etc. Tous ces caractères anormaux se partagent en deux groupes, comprenant, le premier l'absence de chlorophylle et tout le cortège de conséquences physiologiques qui suivent cette absence et le second, les autres caractères qui tous me paraissent être le résultat de la diminution extrême de la transpiration et qu'on peut voir apparaître isolément, quand on entrave à des degrés divers cette importante fonction physiologique. Leur ensemble constitue ce que M. Mer appelle le « *facies aquatique* ».

Rien n'est plus facile que de montrer l'indépendance relative de ces deux groupes de caractères. Pour cela il suffit de cultiver la même plante *a*, dans l'air sec à la lumière; *b*, dans l'air humide à la lumière; *c*, dans l'air sec à l'obscurité; *d*, dans l'air humide, à l'obscurité. Dans l'air humide à la lumière, les plantes sont vertes, mais elles sont fréquemment plus étiolées, quant à leur forme, que dans l'air sec et à l'obscurité où elles sont cependant privées de chlorophylle. Il est clair que l'expérience n'est valable que si on opère sur des plantes en germination, dont les graines renferment une assez grande quantité de matériaux de réserve, ou sur des plantes déjà assez fortes, dont on ne considère ensuite que les organes nouvellement développés, car les plantes vertes seules peuvent assimiler.

Tout en maintenant les plantes à l'obscurité, on parvient à réduire considérablement l'étiolement de forme, en remplaçant la lumière par un des autres agents physiques qui augmentent la transpiration, tel qu'un courant d'air sec ou la chaleur obscure rayonnante.

Cette dernière expérience a été réalisée de la manière suivante :

De jeunes pieds de *Nicotiana rustica* dont les graines avaient

été prises dans la même capsule, ont été divisés en deux lots et cultivés dans l'air saturé et à l'obscurité, dans deux appareils dont le premier, *A*, était disposé de manière à éviter tout rayonnement calorifique, et le second, *B*, au contraire de manière à exposer les plantes à un rayonnement calorifique assez intense.

Voici quelle était la disposition de ces deux appareils.

*A*. Une grande cloche renversée sur un trépied communiquait par sa douille et par un tube à large diamètre avec un ballon. Le tout, cloche et ballon, était rempli d'eau; une seconde cloche plus petite, à douille fermée, était renversée dans l'eau; on l'enfonçait jusqu'à ce que les bords des deux cloches fussent au même niveau et on la recouvrait d'une planche (mauvaise conductrice) chargée de poids pour la maintenir dans cette position : c'est au fond de cette cloche qu'on plaçait le pot contenant les plantes. Le ballon était chauffé par un bec de gaz, de sorte qu'au bout de quelque temps toute l'atmosphère intérieure était entourée d'une enveloppe d'eau chaude. Un régulateur à mercure maintenait la température intérieure à 20 degrés environ. Dans ces conditions la plante était exposée de toutes parts à la même température; aucun rayonnement ne pouvait se faire valoir et provoquer la transpiration.

*B*. La douille d'une grande cloche semblable à celle de l'appareil *A* était traversée par un tube qui aboutissait en haut et en bas à deux ballons dont l'un, contenu dans la cloche et renversé, était recouvert de noir de fumée; l'autre, situé au-dessous de la cloche, portait un second tube ouvert; tout cet ensemble des deux ballons était rempli d'eau et le ballon inférieur était chauffé par un bec de gaz. La plante était placée à côté du ballon noirci, à l'intérieur de la cloche, qu'on fermait ensuite à l'aide d'une planche. Un régulateur disposé près de la plante réglait la flamme de manière que la température fût voisine de 20 degrés à cet endroit de la cloche. Dans cet appareil, les parois de la cloche constamment refroidies par l'air ambiant et le ballon noirci surchauffé devaient continuellement rompre l'équilibre thermique; la plante, recevant des rayons calorifiques, évaporait de l'eau qui allait se condenser sur les parois de la cloche.

Je me borne à citer les résultats d'une seule expérience qui a duré quinze jours.

Dans *A*, la plante a une tige de $0^m,10$ de haut, les feuilles inférieures ont péri, il en reste deux, dont une est bien développée;

son pétiole mesure $0^m$,02, son limbe, $0^m$,07 de longueur et $0^m$,04 de large; le dernier entre-nœud a 0,017$^m$ de long, la feuille encore incomplètement développée est insérée par un pétiole de $0^m$,01 de long et présente un limbe de $0^m$,02 de long sur $0^m$,01 de large.

Dans l'appareil *B*, les feuilles inférieures sont également mortes, la tige n'a que $0^m$,25 de long; des deux feuilles qui restent, l'inférieure a un pétiole de $0^m$,013 de long et un limbe de $0^m$,085 de long sur $0^m$,065 de large, la supérieure un pétiole de $0^m$,013 et un limbe de $0^m$,027 sur $0^m$,014. La plante de l'appareil *B* est couverte de poils beaucoup plus nombreux et plus longs que dans l'appareil *A*. La longueur des poils est dans le rapport de 3 à 2.

Il est donc bien prouvé que la chaleur rayonnante peut contribuer à éviter l'étiolement (de forme) des plantes cultivées dans une atmosphère trop chargée de vapeur d'eau et dans un endroit peu éclairé.

Je n'ai jamais réussi à répéter cette expérience dans l'air non saturé : il est probable que dans ce cas la transpiration provoquée par l'état hygrométrique peu élevé de l'air était si forte que le léger appoint qu'apportait la chaleur rayonnante passait inaperçu. J'ai fait ces expériences à plusieurs reprises dans un cabinet noir du laboratoire de la ferme de Joinville, dont les murs ainsi que le plafond sont peints en noir mat. Comme source de chaleur je me servais d'un tube de plomb décrivant de nombreuses ondulations sur un support vertical et traversé par un courant de vapeur d'eau provenant d'une chaudière installée dans une pièce voisine. Ces précautions un peu compliquées étaient nécessaires pour éviter d'agir trop fortement sur l'état hygrométrique de l'air.

Tout ceci prouve que l'étiolement de couleur auquel seul on devrait conserver ce nom, et l'étiolement de forme sont deux choses fort différentes, souvent liées ensemble parce qu'ils prennent l'un et l'autre naissance à l'obscurité et parce que l'absence de chlorophylle contribue à produire l'étiolement de forme, la plante étant privée du principe colorant si actif dans l'absorption des rayons lumineux.

Il me semble qu'on peut dire que l'étiolement de forme est le résultat d'une transpiration insuffisante.

Tout ce qui augmente la transpiration contribue à éviter ce changement de forme :

α. La chlorophylle, en absorbant les rayons lumineux et en les rendant propres à exagérer la transpiration;

β. La lumière;

γ. La chaleur obscure : voisinage d'un corps chaud ou d'un corps froid;

δ. La sécheresse ou les mouvements de l'air et tout ce qui exerce une influence sur l'état hygrométrique de l'air.

En supposant tout cela bien exact, il ne faudrait pas croire que le sujet soit épuisé. Il importe en effet de savoir si la transpiration agit comme telle ou par le mouvement de l'eau qu'elle provoque dans les tissus de la plante; — si la poussée des racines, par exemple, ne peut pas la remplacer. Nous ne possédons aucune donnée sur cette question qui nous ménage certainement des découvertes intéressantes.

*g*). *La carnosité.* — La carnosité consiste dans le développement exubérant des parenchymes. La plante charnue se distingue physiologiquement par le faible rapport entre l'eau qu'elle perd quotidiennement et celle qu'elle renferme; sa réserve transpiratoire est parenchymateuse, elle peut séjourner longtemps dans un sol desséché, elle diminue fortement de poids, se vide, se fane, pour revenir ensuite à son état primitif lorsque le sol est arrosé. Tel est l'effet de la carnosité, mais quelles en sont les causes?

L'un des caractères les plus saillants de la flore littorale, c'est précisément la carnosité d'un grand nombre des plantes qui la composent. Souvent même les espèces, qui, ailleurs, portent des feuilles minces et membraneuses, deviennent plus ou moins charnues au bord de la mer. Il était tout indiqué de rechercher si l'eau salée, soit en arrosages, soit à l'état de poussière, sous la forme de buée, ne produit pas cet effet.

J'ai fait à ce sujet un certain nombre d'expériences sur le *Silene inflata*, qui ne m'ont pas fourni de résultat bien net.

J'ai été plus heureux en employant deux autres procédés, la chaleur du sol et l'alternance des solutions nourricières, tantôt faiblement chargées de sels, tantôt plus concentrées.

Voici les résultats de ces expériences :

1° *Échauffement du sol.* — M. Prillieux a montré qu'en faisant germer des haricots ou des courges dans un sol chauffé à plusieurs degrés au-dessus de la température de l'air, on obtient des plantes dont l'axe hypocotylé est tellement gonflé et chargé d'eau qu'il s'y produit fréquemment des fissures et que les cellules parenchymateuses hypertrophiées contiennent plusieurs noyaux issus d'un seul par simple scissiparité. Le pouvoir osmotique des racines augmente

en effet avec la température et les cellules doivent être le siège d'une tension intérieure considérable.

Nous avons cultivé, M. Viet et moi, des choux dans une grande caisse de bois doublée extérieurement de zinc et qui était chauffée en dessous par trois flammes de gaz. Cette caisse, remplie de terre de jardin avait reçu trois pieds de chou, dont un, attaqué par un ver blanc, a rapidement péri. Les deux autres ont atteint leurs dimension normales et leurs feuilles se distinguaient notablement, au simple toucher, de celles des témoins. Tandis que celles-ci présentaient une épaisseur de $0^{mm},540$ à $0^{mm},740$ et comprenaient neuf à dix assises de cellules, les autres mesuraient $0^{mm},93$ à $1^{mm},13$ d'épaisseur et comptaient de douze à quatorze assises de cellules. L'épaisseur a été mesurée dans les endroits de la feuille aussi éloignés que possible des nervures; le nombre des assises des cellules ne comprend pas les deux épidermes. Il est donc bien établi que la surélévation de la température du sol, quoique assez faible, a causé une carnosité notable de la plante puisqu'on a obtenu des feuilles de plus d'un millimètre d'épaisseur. Nous n'avons remarqué aucune trace de cet arrêt de croissance qui est si manifeste dans l'expérience de M. Prillieux; nous devons ce résultat à l'échauffement beaucoup plus faible du sol contenu dans la caisse.

N'est-il pas permis, d'après cet essai joint à ceux de M. Prillieux, d'attribuer au moins en partie à l'échauffement extrême des roches exposées au soleil la carnosité d'un grand nombre de nos plantes rupicoles, plantes qui, par cela même, emmagasinent une très grande quantité d'eau tout en présentant une faible surface d'évaporation comparativement à leur volume et qui deviennent aptes à vivre ainsi dans un milieu particulier où elles ne reçoivent de l'eau que de loin en loin ?

Toutes les plantes ne sont pas également disposées à devenir charnues : quoiqu'il y ait sporadiquement des espèces charnues dans un grand nombre de familles différentes (les *Kleinia* dans le genre *Senecio*, les *Stapelia*, parmi les Asclépiadées, un grand nombre d'Euphorbes), on est forcé de reconnaître que cette faculté est héréditaire, puisqu'elle est limitée nettement aux genres et sous-genres que je viens de citer et qu'elle devient l'apanage de plusieurs familles naturelles, telles que les Crassulacées, les Cactées, les Portulacées.

Je dirai plus loin comment je m'explique pourquoi un caractère,

résultant d'une simple influence du milieu, a pu devenir un caractère d'espèce, de genre et de famille.

Je suis parvenu à découvrir une autre influence qui produit la carnosité dans certains cas, et qui, dans d'autres cas, donne aux végétaux des qualités fort intéressantes au point de vue de la culture maraîchère. Ce nouvel agent est :

2° *L'alternance des solutions nourricières faibles avec des solutions concentrées.* — L'idée première de ces expériences est exprimée dans un mémoire sur l'influence des matières salines sur l'absorption de l'eau par les racines. Je fais remarquer, dans ce mémoire, que lorsqu'on donne à une plante alternativement de l'eau distillée et une solution nourricière à 2 p. 1000[1] on lui fait absorber une plus grande quantité d'eau qu'en la faisant séjourner constamment dans l'eau distilllée. L'eau distillée prédispose la plante à absorber avidement la solution nourricière et réciproquement la solution nourricière la prédispose à absorber l'eau distillée.

Il s'agissait de vérifier par l'expérience l'opinion que j'ai émise à cette époque sur l'effet probable de cette exagération de l'absorption.

Pour cela, j'ai construit un appareil qui transportait automatiquement les plantes de l'eau distillée dans la solution nourricière et de celles-ci dans l'eau distillée, à des intervalles réguliers par exemple d'heure en heure. La description de cet appareil, très simple d'ailleurs, serait difficilement comprise sans figures; le moteur est un vase de Tantale équilibré par un poids, lorsqu'il est à moitié plein, et qui, en se remplissant et en se vidant alternativement produit le mouvement nécessaire.

La solution nourricière était composée de la manière suivante :

| | | Grammes. |
|---|---|---|
| Eau distillée | 5 litres. | |
| Chlorure de calcium | | 5 |
| Azotate de potasse | | 10 |
| Phosphate de soude | | 2.5 |
| Sulfate de magnésie | | 5 |
| Azotate de soude | | 2.5 |
| | | 25,0 |

Elle était donc à 5 pour 1000.

On l'agitait avant de la verser dans le cristallisoir destiné à recevoir les plantes, afin de répartir aussi également que possible le précipité de phosphate de chaux.

1. Le tableau de la page 18 porte par erreur 2 p. 100. Il suffit de relire la page précédente pour voir qu'il faut lire 2 p. 1000

Les plantes de contrôle restaient à demeure sur la même table, dans une solution de même composition qualitative, mais seulement à 2,5 p. 1000. J'espérais de cette manière égaliser les conditions : dans le premier cas, les plantes recevaient alternativement de l'eau distillée et une solution à 5 p. 1000 ; dans le second, elles séjournaient dans la solution à 2,5 p. 1000. L'eau distillée était fréquemment renouvelée, car elle se chargeait de plus en plus des sels apportés par les racines.

Une des expériences sur des pois et sur du blé a commencé le 15 novembre 1880.

Le 22 novembre, il y avait déjà une différence notable, pour le blé aussi bien que pour les pois, en faveur des solutions alternantes.

Les pois des solutions alternantes avaient des tiges beaucoup plus épaisses que dans la solution fixe ; les plumules mesuraient de 8 à 15 millimètres de longueur, tandis qu'elles ne dépassaient pas 7 millimètres dans la solution fixe. Les plumules de deux pieds de blé soumis à l'alternance mesuraient respectivement $0^m,0029$ et 0,0053 ; celles des deux pieds fixes $0^m,0012$ et $0^m,0035$.

L'expérience a été arrêtée le 13 décembre 1880, après vingt-huit jours de végétation.

Voici les résultats que j'ai notés pour les pois.

Le nombre des pieds étant plus élevé dans la solution fixe que dans les solutions alternantes, j'y ai choisi les quatre plus beaux.

A. *Pois ayant végété alternativement dans l'eau distillée et dans une solution à* 5 *p.* 1000.

Feuilles peu développées, mais très vertes, présentant d'ailleurs la même apparence que les pois dans la solution fixe. La végétation n'a pas été très active, certainement à cause de la saison déjà avancée.

| | LONGUEUR DE LA TIGE. | ÉPAISSEUR MAXIMUM DE LA TIGE. |
|---|---|---|
| | mm. | mm. |
| N° 1........ ................ | 105 | 3.1 |
| N° 2........................ | 85 | 3.0 |
| N° 3........................ | 70 | 2.9 |
| N° 4........................ | 50 | 3.1 |

| | Grammes. |
|---|---|
| Poids frais des quatre pois pris ensemble | 4,700 |
| Poids sec | 0,810 |
| Poids sec p. 100 de poids frais | 17 |

B. *Pois ayant végété continuellement dans la solution à 2,5 p. 1000.*

| | LONGUEUR DE LA TIGE. | ÉPAISSEUR MAXIMUM. |
|---|---|---|
| | mm. | mm. |
| N° 1 | 76 | 2.5 |
| N° 2 | 75 | 3.5 |
| N° 3 | 72 | 2.7 |
| N° 4 | 70 | 2.6 |

| | Grammes. |
|---|---|
| Poids frais des quatre pois | 4.300 |
| Poids sec | 1.300 |
| Poids sec p. 100 de poids frais | 30 |

Ces résultats sont certainement très curieux. Indépendamment du développement général plus fort dans les solutions alternantes, remarquons l'épaisseur considérable de la tige. Un pied surtout, le n° 4, présentait tout à fait l'aspect d'une plante cultivée dans un sol surchauffé; il est resté trapu et sa tige avait pris une épaisseur relativement énorme.

Enfin, le chiffre le plus éloquent, est celui des poids secs. Les plantes cultivées dans les solutions alternantes renferment 83 p. 100 d'eau; celles de la solution fixe, seulement 70 p. 100[1].

Le blé a fourni les chiffres suivants :

A. SOLUTIONS ALTERNANTES.

| | Longueur de la partie aérienne. Millimètres. |
|---|---|
| N° 1 | 155 |
| N° 2 | 170 |
| N° 3 | 127 |
| N° 4 | 120 |

1. Il est bon de faire remarquer que ces déterminations ont été faites avec les graines qui restaient attachées aux plantes.

| | Grammes. |
|---|---|
| Poids frais des quatre plantes | 0,870 |
| Poids sec | 0,050 |
| Poids sec p. 100 de poids frais | 5,7 |

B. SOLUTIONS FIXES.

| | Longueur de la partie aérienne. Millimètres. |
|---|---|
| N° 1 | 175 |
| N° 2 | 140 |
| N° 3 | 146 |
| N° 4 | 112 |

| | Grammes. |
|---|---|
| Poids frais des quatre plantes | 1,1 |
| Poids sec | 0,100 |
| Poids sec p. 100 de poids frais | 9,1 |

On voit pour le blé, comme pour le pois, qu'il y a une différence énorme dans la quantité d'eau accumulée dans la plante, lorsqu'elle reçoit alternativement de l'eau distillée et une solution nourricière.

Ce sont là cependant deux plantes généralement cultivées qui ne semblent pas dénoter une aptitude particulière à la carnosité. Certains individus paraissent être plus disposés à varier sous l'influence d'un certain milieu : c'est ainsi que nous avons vu l'un des pois présenter beaucoup mieux que les autres les caractères d'une plante charnue.

Ce fait, qu'on observe dans toutes les expériences de culture, est d'une importance capitale, car il doit jouer un rôle immense dans l'adaptation.

Il serait très difficile de faire des expériences probantes de cette nature en plein champ. J'ai déjà rendu attentif à la relation qui semble exister entre l'action de l'alternance des solutions et l'habitude des jardiniers de préférer pour les arrosages l'eau de pluie à l'eau de tout autre provenance. On a cherché l'explication de cette préférence dans l'aération plus parfaite de l'eau de pluie. J'ignore si l'eau de pluie est réellement plus aérée que l'eau des conduits des grandes villes, qui est souvent si chargée d'air, sous pression, qu'elle perle immédiatement dans le verre, ou que de l'eau quelconque répandue sous forme de pluie à l'aide d'arrosoirs à pomme.

Mais les expériences suivantes que j'ai faites avec la collaboration de M. Viet, alors régisseur de la ferme de la Faisanderie, prou-

vent que la provenance de l'eau est loin d'être indifférente, sinon toujours au point de vue de la quantité de la récolte, du moins sous le rapport de la qualité.

*A. Choux cultivés sur des parcelles égales prises dans un terrain sablo-calcaire.* — Les parcelles ont $1^m,10$ de large sur 9 mètres de long. La première est constamment arrosée à l'eau de pluie, la deuxième est constamment arrosée à l'eau de la Marne; chacune d'elles reçoit un arrosage le matin et le soir. La troisième parcelle reçoit tous les matins un arrosage à l'eau de la Marne additionnée de 5 grammes de salpêtre par arrosoir, et le soir un arrosage à l'eau de pluie.

Les plantes ont été confiées au sol le 5 avril, et disposées en trois lignes, sauf dans la troisième parcelle, où 15 pieds avaient trouvé place entre les lignes. En temps de pluie les arrosages ont été naturellement interrompus. Les plantes ont été arrachées le 25 mai.

1. *Arrosés à l'eau de pluie.*

Récolte totale : 43 pieds, pesant $39^k,240$; pommés : 35; — non pommés : 8; —épaisseur moyenne du limbe des feuilles : $0^m,0008$; — nombre moyen des assises du mésophylle : 9.

2. *Arrosés à l'eau de rivière.*

Récolte totale : 36 pieds, pesant $31^k,250$; pommés 23, — non pommés : 13. Les vers blancs ayant pu faire des ravages dans cette parcelle, il faudra calculer le poids de la récolte pour 43 pieds, ce qui donne $37^k,290$; — épaisseur du mésophylle variant de $0^{mm}$, 540 à $0^{mm},740$; — nombre des assisses du mésophylle : 9-10. Cellules plus petites que dans la première parcelle.

3. *Arrosés le matin à l'eau de rivière additionnée de* 5 *grammes de salpêtre par arrosoir et le soir à l'eau de pluie.*

Récolte totale : 31 pieds, pesant $30_k$ 320; 43 pieds auraient pesé $42^k$,060; —pommés, 22; — non pommés : 9; —épaisseur moyenne du mésophylle, $0^{mm},72$ à $0^{mm},75$; nombre des assises du mésophylle : 8-10. Cellules assez petites, celles de l'assise supérieure souvent divisées transversalement.

On voit que l'eau de pluie pure ou employée alternativement avec l'eau salpêtrée a donné une récolte plus forte que l'eau de rivière.

Si on veut bien admettre que le hasard des graines n'y a été pour rien, l'eau de pluie donne une plus forte proportion de choux pommés, le nombre des choux non pommés étant seulement de 8 pour l'eau de pluie contre 13 pour l'eau de rivière.

Enfin, les feuilles sont beaucoup plus épaisses, plus charnues, lorsqu'on emploie l'eau de pluie au lieu de l'eau de rivière. Les cellules du mésophylle sont plus grandes, puisque, pour une épaisseur plus forte, le nombre des assises n'a pas augmenté. Il est probable que, si on avait pu déterminer le poids sec de ces plantes, on aurait trouvé plus d'eau dans les choux arrosés à l'eau de pluie que dans les autres.

*B. Laitues cultivées de la même manière.* — La laitue a été soumise à la même expérience. Elle a donné des résultats beaucoup moins nets, et malgré cela fort intéressants, parce qu'ils prouvent que toutes les plantes ne se plient pas de la même manière aux influences du milieu.

1. *Laitues arrosées constamment d'eau de pluie.*

Récolte totale 83 pieds, pesant 21 kilos.

Les plantes sont très bien portantes, sans aucune trace de pourriture; elles semblent plus juvéniles que les autres et présagent une moindre tendance à monter.

Sur un des pieds aussi *moyen* que possible, j'ai pris la huitième, la douzième et la seizième feuille que j'ai examinée au microscope pour en déterminer l'épaisseur et le nombre des assises du mésophylle.

| | NOMBRE DES ASSISES. | ÉPAISSEUR. | HAUTEUR MOYENNE DES ASSISES. |
|---|---|---|---|
| | | mm. | mm. |
| 8e feuille .......... | 8-9 | 0.206-0.243 | 0.025 |
| 12e — .......... | 6-7 | 0.233-0.290 | 0.040 |
| 16e — .......... | 7 | 0.233-0.296 | 0.037 |

Un pied aussi moyen que possible a donné pour :

| | Grammes. |
|---|---|
| Le poids frais.......................................... | 290 |
| — — sec.......................................... | 25 |
| La matière sèche p. 100 de poids frais................. | 8,6 |

2. *Laitues constamment arrosées à l'eau de la Marne.*

Récolte : 82 pieds, pesant 20k,700.

Les plantes portent par-ci par-là quelques taches de pourriture.

| | NOMBRE DES ASSISES. | ÉPAISSEUR. | HAUTEUR MOYENNE DES ASSISES. |
|---|---|---|---|
| | | mm. | mm. |
| 8ᵉ feuille......... | 9-10 | 0.263-0.320 | 0.030 |
| 12ᵉ — .......... | 7-10 | 0.260-0.366 | 0.036 |
| 16ᵉ — .......... | 6-13 | 0.236-0.443 | 0.036 |

Un pied choisi aussi moyen que possible a donné pour :

| | Grammes. |
|---|---|
| Le poids frais........................................ | 430 |
| — — sec........................................ | 37 |
| La matière sèche p. 100 de poids frais................. | 8,6 |

3. *Laitues arrosées le matin d'eau salpêtrée, le soir d'eau de pluie.*
Récolte : 82 pieds, pesant 21ᵏ,300.
Par-ci par-là quelques taches pourries.

| | NOMBRE DES ASSISES. | ÉPAISSEUR. | HAUTEUR MOYENNE DES ASSISES. |
|---|---|---|---|
| | | mm. | mm. |
| 8ᵉ feuille......... | 6-8 | 0.260-0.373 | 0.045 |
| 12ᵉ — .......... | 9 | 0.293-0.333 | 0.034 |
| 16ᵉ — .......... | 6-9 | 0.260-0.333 | 0.040 |

Un pied choisi aussi moyen que possible a donné pour :

| | Grammes. |
|---|---|
| Le poids frais........................................ | 282 |
| — — sec........................................ | 26 |
| La matière sèche p. 100 de poids frais................. | 9,2 |

Rien dans cette expérience ne plaide en faveur de l'eau de pluie, si ce n'est le *caractère juvénile* des plantes, chose qui n'est pas à dédaigner au point de vue de la culture maraîchère, car, non seulement les plantes de la première série étaient absolument exemptes de pourriture, mais elles semblaient devoir monter plus tard que les autres. Malheureusement l'expérience a été arrêtée de trop bonne

heure pour que je puisse donner une expression mathématique à ce fait.

Les chiffres qui indiquent la hauteur moyenne des assises des cellules du mésophylle permettraient peut-être de tirer quelques conclusions sur la marche de la végétation, mais je préfère laisser au lecteur le soin de les interpréter.

En somme la laitue est beaucoup moins apte à varier sous le rapport de la carnosité que le chou.

Il résulte de ces expériences *qu'il n'existe aucun lien nécessaire entre l'utilité physiologique d'un organe modifié sous l'influence du milieu et la cause mécanique de cette modification.*

Les conclusions relatives à cette question de philosophie naturelle seront les suivantes :

1. Les cellules en palissades se développent sous l'influence de la transpiration; elles sont au contraire surtout utiles dans l'assimilation du carbone.

2. La transpiration est également la cause première des sinuosités des parois verticales de l'épiderme.

3. Les poils des parties aériennes se multiplient et s'allongent dans un milieu éclairé et sec, mais on ne parvient pas à faire développer des poils sur une plante entièrement glabre. Dans celle-ci l'action du même milieu se traduit par l'épaississement de la cuticule.

4. La disposition des stomates dépend en première ligne d'une d'une habitude héréditaire, mais la transpiration met cette habitude en jeu.

Le nombre des stomates dépend de la transpiration.

5. Le degré de développement des méats intercellulaires est une fonction de la grandeur de la transpiration. Ces méats sont d'autant plus volumineux que la transpiration est plus faible, d'où résulte une véritable autorégulation de la transpiration.

6. Les formes spéciales des plantes étiolées sont dues à la diminution excessive de la transpiration.

7. La carnosité provient : *a*, de la température élevée du sol ; *b*, des solutions alternativement concentrées et diluées qui imbibent le sol ; elle rend les plantes aptes à résister à des sécheresss périodiques.

8. La culture et notamment la culture maraîchère peut tirer parti de ces diverses influences du milieu.

Dans la seconde partie de ce mémoire j'aurai à traiter des rela-

tions qui existent entre l'influence du milieu et l'adaptation et du rôle que devra jouer dans la culture l'étude anatomique des organes de la vie végétative.

---

## INFLUENCE
## DE L'AZOTATE DE SOUDE ET DE L'AZOTATE DE POTASSE
### SUR LA CULTURE DES POMMES DE TERRE

PAR
M. P.-P. DEHÉRAIN
Professeur au Muséum d'histoire naturelle.

Pendant plusieurs années, M. Edler, directeur de la station agronomique de Gœttingue a essayé comparativement, sur la culture des pommes de terre, le salpêtre et l'azotate de soude, et ses expériences l'ont conduit à cette conclusion, que l'application de l'azotate de potasse fournit un rendement en tubercules supérieur à celui qu'on retire de l'emploi de l'azotate de soude [1].

Il y a déjà une vingtaine d'années que M. Péligot a reconnu que la soude faisait défaut dans la plupart des végétaux cultivés, il n'a cessé depuis cette époque de s'intéresser à la répartition de la potasse et de la soude, dans les plantes, et il voulut bien me prier de répéter l'expérience de M. Edler, pour reconnaître si sur un sol, différent de celui où avaient eu lieu les premiers essais, l'azotate de potasse conserverait dans la culture des pommes de terre la supériorité qu'avait constatée l'agronome de Gœttingue.

La culture fut disposée sur une parcelle de bonne terre franche du jardin d'expériences du laboratoire de physiologie du Muséum; le semis eut lieu le 20 avril, en tubercules entiers de la variété dite Hollande, placés à $0^{m},50$ de distance en tous sens, dans deux planches parallèles, et qui avaient reçu l'une une quantité d'azotate de potasse correspondant à 400 kilos à l'hectare, et l'autre une quantité égale d'azotate de soude.

L'arrachage eut lieu le 31 août, les tubercules étaient sains. La parcelle qui avait reçu l'azotate de soude comptait soixante-trois poquets; la récolte fut de $50^{k},900$ ou de 805 grammes au poquet. La parcelle sur laquelle on avait répandu de l'azotate de potasse

1. *Ann. agron.*, t. IX, p. 96.

ne portait que cinquante-neuf poquets, le poids de la récolte fut de 47$^{k}$,500 ou de 805 grammes par poquet. Les deux rendements se sont donc trouvés exactement égaux.

Les poquets étant placés à 0$^{m}$,50 en tous sens, un hectare en eut porté 40,000 et la récolte eut été de 32,000 kilos ou de 400 hectolitres, rendement considérable et que je n'ai obtenu à Grignon que dans des sols bien fumés, en 1875 et en 1876 : la moyenne des cinq années de culture au champ d'expériences (1875-79) étant d'environ 280 hectolitres.

L'influence des azotates a donc été très sensible, mais la nature de la base, à laquelle était uni l'acide azotique, n'a pas modifié les résultats.

On sait cependant, d'après les travaux de M. Péligot, que la pomme de terre ne renferme pas de soude, et j'ai reconnu en outre, il y a déjà plusieurs années, qu'en arrosant des pommes de terre végétant en pleine terre, de dissolutions de sels de soude variés, on ne trouve dans les cendres d'autre alcali que la potasse.

Il semble donc que l'azotate de soude employé comme engrais réagit sur les sels de potasse que renferme le sol, et que c'est seulement à l'état de salpêtre qu'a lieu l'assimilation par la plante.

J'ai eu, au reste, il y a quelques années, un exemple frappant des métamorphoses que subissent dans le sol les sels de soude. Après avoir semé des haricots, dans un pot à fleur de grande dimension, garni de bonne terre de jardin, je les ai laissé se développer vigoureusement, puis je les ai arrosés de dissolutions de sel marin de plus en plus concentrées jusqu'à les faire périr.

On incinéra et on trouva dans 100 de cendres 11,3 de chlore, tandis que les cendres de haricots développés dans la même terre, sans addition de sel, contenaient seulement 0$^{gr}$,58 et 0$^{gr}$,49 de chlore dans 100 grammes.

Le chlore du sel marin avait donc pénétré dans la plante, et cependant ce fut en vain qu'on rechercha la soude dans les cendres des haricots, arrosés de sel marin ; après avoir amené les alcalis à l'état de chloroplatinate, on put aisément séparer le chloroplatinate de potassium, mais en évaporant l'alcool renfermant le chlorure de platine employé en excès, on ne put réussir à faire apparaître les belles aiguilles du chloroplatinate de potassium ; il n'y avait pas de soude dans les cendres et les haricots avaient péri par l'assimilation d'un excès de chlorure de potassium.

On conçoit donc que l'azotate de soude se métamorphosant dans le sol en azotate de potasse, les cultivateurs l'emploient de préférence au salpêtre, qui est plus cher et moins riche en azote, et c'est sans doute seulement dans les terres pauvres en potasse que le nitre donne des résultats supérieur à ceux qu'on obtient de l'azote de soude.

---

## TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

---

### Contribution à l'étude des « Cercles des sorcières ».

PAR MM. LAWES, GILBERT ET WARINGTON

(*Journal of the Chemical Society*, mai 1883.)

Les cercles de couleur foncée qui se rencontrent souvent dans les pâturages, et qu'on désigne sous le nom de « Cercles des sorcières », ont depuis longtemps attiré l'attention des botanistes et des physiologistes.

La première théorie chimique qui en ait été donnée se trouve dans un mémoire du professeur Way (*On the fairy rings of Pasture, as illustrating the use of Inorganic Manures*), qui fut communiqué à l'Association britannique de Southampton en 1846 et publié dans le journal de la Société royale d'agriculture d'Angleterre (t. VII, p. 549). M. Way, après avoir analysé les cendres des champignons et des plantes qui leur succédaient, fut conduit aux conclusions suivantes : « Un champignon se développe spontanément en un point du sol : il y répand sa semence, puis meurt, abandonnant une certaine quantité d'acide phosphorique, d'alcalis, de magnésie et de sulfate de chaux qui profitent à une végétation nouvelle. Celle-ci s'accroît comme un phénix aux dépens des « cendres » de son prédécesseur. Quant à la forme même du cercle, elle s'explique par cela même, qu'au moment de la récolte, on enlève en même temps que la plante la plus grande partie des matières minérales que le champignon avait réunies. » Il ajoute qu'une partie de ces effets peut être attribuée à l'azote des champignons, mais que très probablement ce sont les substances inorganiques qui jouent le principal rôle dans les cercles de sorcières.

Buckman, d'un autre côté, tout en admettant que les champignons se rencontrent fréquemment à l'extérieur d'un cercle de végétation

luxuriante, ne considère pas leur présence comme essentielle à sa formation; au contraire, il paraît disposé à croire que ces végétaux se développent seulement aux points où le sol est moins favorable aux herbes de prairie, et il ajoute : « Il y a tout lieu de penser que les cercles qu'on trouve exempts de champignons auront bientôt disparu. »

Depuis le commencement des expériences de Rothamsted on a observé avec soin toutes les circonstances du développement des « fairy rings », comme fournissant un exemple remarquable de ce qu'on pourrait appeler une rotation naturelle. Si l'on connaissait avec certitude l'origine de l'azote que renferment les champignons, on pourrait peut être en tirer des déductions intéressantes au sujet des légumineuses, qui se comportent comme eux dans nos assolements vis-à-vis des céréales ou des végétaux herbacés. Dès 1851, nous avons publié un premier mémoire sur ce sujet, mais, à cette époque, on supposait que les champignons puisent une partie de leur azote dans l'atmosphère, hypothèse qui a dû être abandonnée plus tard. En 1874 on a prélevé un certain nombre d'échantillons du sol à l'intérieur, à l'extérieur d'un cercle des sorcières, et sur le cercle lui-même, et on a dosé l'azote dans chacun d'eux. La terre s'est trouvée plus riche à l'extérieur que sur le cercle; au centre elle était plus pauvre que partout ailleurs; la conclusion était que le sol s'appauvrit en azote sous l'influence des champignons et de la végétation luxuriante qui leur succède : c'est ce que nous avons indiqué dans une courte « *Note on the occurence of Fairy Rings* », publiée en 1875.

Depuis cette époque on n'a cessé d'étudier le même sujet. Avant de rapporter les résultats de nos recherches sur cette question intéressante, nous donnerons quelques détails sur les circonstances dans lesquelles se produisent d'ordinaire les ronds des sorcières.

Il est probable que le premier germe des champignons qui naissent sur un herbage y est apporté par les animaux, mais les conditions nécessaires à son développement paraissent intimement liées à la nature du sol et à la saison : si la terre est riche ou fortement fumée, si la saison est favorable aux prairies, le champignon ne se reproduira pas, et il ne formera qu'une petite tache de courte durée. Si au contraire la saison est mauvaise et le sol pauvre, les cercles apparaîtront certainement.

Les champignons une fois développés finissent par périr, et

laissent en se décomposant dans le sol un résidu riche en azote et en substances minérales ; à leur place la végétation herbacée se développe alors plus vigoureusement et prend une teinte plus foncée; puis, après la récolte, la terre se trouvant plus appauvrie qu'ailleurs par suite de ce surcroît d'activité, l'herbage est moins vigoureux à l'intérieur du cercle qu'à l'extérieur. Dans le cas des taches isolées, l'examen du sol au printemps et à l'automne n'a pas montré un grand développement de mycelium; mais si on fouille immédiatement sur le bord extérieur d'un cercle proprement dit, on trouve la terre pénétrée par un mycelium blanc, léger, qui pénètre jusqu'à plusieurs pouces, et même quelquefois plus d'un pied de profondeur. Quand le mycelium est abondant, le sol est remarquablement sec; il ne se mouille plus que difficilement, comme s'il était imprégné de matières grasses. Tous ces phénomènes sont sensibles, surtout au bord extérieur du cercle. Si la saison est favorable, les champignons apparaissent au printemps ou à l'automne; ils fructifient bientôt, répandent leurs spores et donnent lieu à une nouvelle croissance de mycelium; c'est alors qu'on les voit envahir le sol voisin, élargissant ainsi leur cercle d'une manière continue. Ce n'est que dans quelques cas plus rares qu'on voit les champignons naître au milieu même d'une zone de végétation luxuriante. Leur action favorable doit alors être attribuée aux produits de décomposition de leur mycelium, ou à quelque réaction exercée par eux sur les composés organiques du sol.

Dans notre mémoire de 1875, nous avons décrit le développement des champignons sur les différentes parcelles des herbages de Rothamsted. Sur vingt planches diversement fumées, deux seulement ont montré des cercles ; elles n'avaient reçu ni azote ni potasse comme engrais depuis plusieurs années : l'une recevait du superphosphate seulement, l'autre un mélange de superphosphates et de sulfates de soude et de magnésie ; la végétation y était peu active, ce qui constitue, comme on le sait, une condition favorable au développement des cercles de sorcières. Partout où l'on a fait usage d'engrais azotés, l'herbage était plus vigoureux et les cercles ne se sont pas produits. On peut alors se poser les questions suivantes : les champignons apparaissent-ils seulement lorsque la végétation herbacée n'est pas assez puissante pour leur disputer le terrain ? ou bien vivent-ils aux dépens de celle-ci à la manière de parasites ? Les champignons sont-ils capables de prendre l'azote à l'atmosphère,

ou, enfin, peuvent-ils s'emparer des matières organiques du sol qui ne sont pas directement assimilables par les autres plantes ?

La composition du mycelium est encore mal déterminée, et tout fait supposer qu'elle varie considérablement aux différentes phases de son développement. Dans les quelques analyses qui en ont été faites à Rothamsted, on a trouvé une forte proportion de cendres, consistant surtout en carbonate de chaux. Ce sel provenait sans doute de la décomposition de l'oxalate de chaux.

La composition des champignons eux-mêmes a été déterminée par Fleury dans le cas de plusieurs espèces différentes. Voici quelques-uns de ses résultats :

| NOM DE L'ESPÈCE. | HUMIDITÉ. | MATIÈRES azotées. | MATIÈRES grasses. | MATIÈRES extractives. | CELLULOSE. | CENDRES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Dans la matière humide.* | | | |
| Marasmius oreadum. | 91.75 | 2.93 | 0.19 | 3.59 | 0.67 | 0.87 |
| Agaricus prunulus... | 89.25 | 4.11 | 0.14 | 4.08 | 0.81 | 1.61 |
| | | | *Dans la matière sèche.* | | | |
| Marasmius oreadum. | » | 35.57 | 2.40 | 43.34 | 8.12 | 10.57 |
| Agaricus prunulus... | » | 38.32 | 1.38 | 37.77 | 7.53 | 15.00 |

Le professeur Way avait trouvé pour les cendres de l'*Agaricus prunulus*, la composition suivante :

| CENDRES P. 100 PARTIES DE MATIÈRE SÈCHE. | POUR 100 PARTIES DE CENDRES. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | KO. | NaO. | CaO. | MgO. | $PO^5$. | $SO^3$. | $SiO^3$. | Cl. | $CO^2$. |
| 6.38.................. | 55.10 | 3.54 | 1.35 | 2.20 | 29.49 | 1.93 | 1.09 | 0.25 | 3.80 |

Ces analyses concordent avec celles de tous les autres champignons qui ont été étudiés ; l'une des espèces examinées par Fleury, le *Marasmius oreadum*, se rencontre souvent dans les cercles de Rothamsted. On voit que ces végétaux renferment une proportion énorme de matières albuminoïdes, s'élevant à plus du tiers du poids de la matière sèche. Les cendres sont, en outre, extrêmement riches en acide phosphorique et surtout en potasse : ce fait est d'au-

tant plus remarquable que, comme nous l'avons fait observer ci-dessus, les cercles de fées ne se développent que sur les terres relativement pauvres, où on n'a pas employé d'engrais azotés ni de potasse depuis quelque temps.

Il est évident d'après cela que la richesse en azote des champignons, et aussi celle des herbes luxuriantes qui succèdent à ceux-ci, doit être attribuée à une source à laquelle ne puisent pas d'ordinaire les plantes cultivées. C'est pour arriver à la connaître que nous avons résolu d'analyser les terres sur lesquelles des champignons s'étaient développés.

On a étudié à ce point de vue, les cercles de Grove Paddock, de Broadbalk et du Parc; les échantillons ont été pris à deux profondeurs différentes, à l'extérieur, à l'intérieur et sur le cercle lui-même.

HUMIDITÉ CONTENUE DANS LES DIFFÉRENTS SOLS.

| | SURFACE. | SOUS-SOL. |
|---|---|---|
| *Cercle de Grove Paddock,* 19 *mai* 1874. | | |
| Dans le cercle | 16.03 | 15.68 |
| Sur le cercle | 12 58 | 12.30 |
| A l'extérieur du cercle | 15.71 | 16.24 |
| *Cercle du Parc,* 19 *septembre* 1877. | | |
| Dans le cercle | 22.80 | 17.04 |
| Sur le cercle (au centre) | 19.29 | 13.13 |
| Sur le cercle (côté extérieur) | 18.50 | 13.23 |
| A l'extérieur du cercle | 23.33 | 15.03 |
| *Cercle du Parc,* 25 *avril* 1878. | | |
| Dans le cercle | 26.34 | 19.21 |
| Sur le cercle (bord intérieur) | 26.33 | » |
| Sur le cercle (bord extérieur) | 21.95 | 19.14 |
| A l'extérieur du cercle | 27 96 | 19.74 |

On peut voir que, dans tous les cas, le sol est plus sec sur les cercles que partout ailleurs; ce fait tient à ce que l'évaporation y est plus rapide par suite d'une plus grande activité de végétation, et peut-être aussi à ce que la terre, imprégnée de mycelium, ne se mouille que difficilement et devient incapable de bien retenir l'eau.

DOSAGES DE L'AZOTE ET DU CARBONE DANS 100 GRAMMES DE LA TERRE SÈCHE DE LA SURFACE.

| | AZOTE. | CARBONE. |
|---|---|---|
| *Cercle de Grove Paddock,* 19 *mai* 1874. | | |
| Dans le cercle | 0.262 | 3.06 |
| Sur le cercle | 0.274 | 2.72 |
| A l'extérieur | 0.287 | 3.34 |
| *Cercle de Broadbalk Field,* 18 *juin* 1877. | | |
| Dans le cercle | 0.271 | 2.38 |
| Sur le cercle | 0.300 | 3.36 |
| Sur le bord extérieur | 0.327 | 3.05 |
| En dehors du cercle | 0.303 | 3.52 |
| *Cercle de Broadbalk Field,* 15 *septembre* 1877. | | |
| Dans le cercle | 0.226 | 2.48 |
| Sur le cercle | 0.244 | 2.60 |
| A l'extérieur | 0.274 | 3.12 |
| *Cercle du Parc,* 19 *septembre* 1877. | | |
| A l'intérieur du cercle | 0.222 | 2.88 |
| Sur le cercle (au milieu) | 0.230 | 3.01 |
| Sur le cercle (bord extérieur) | 0.276 | 3.40 |
| A l'extérieur du cercle | 0.259 | 3.31 |
| *Cercle du Parc,* 25 *avril* 1878. | | |
| Dans le cercle | 0.253 | 3.12 |
| Sur le cercle (bord intérieur) | 0.245 | 2.97 |
| Sur le cercle (bord extérieur) | 0.268 | 3.11 |
| A l'extérieur du cercle | 0.269 | 3.44 |

A part quelques irrégularités attribuables aux débris organiques qu'on n'a pu complètement séparer de la terre, on voit que, partout, l'azote et le carbone combinés s'abaissent dans l'intérieur des cercles, sous la double influence des champignons et de la végétation luxuriante qui leur succède : il y a donc là une destruction rapide de la matière organique du sol. Cette destruction paraît porter sur le carbone plus encore que sur l'azote; en effet, le rapport des dosages de ces deux éléments a été trouvé égal à 11,3 et 11,2 à l'intérieur des cercles, tandis qu'au dehors il était de 11,7 ; sans doute que le mycelium, en se décomposant, émet de l'acide carbonique plus que ne pourraient le faire les résidus des cultures normales. En résumé, il se produit, sous cette influence,

une perte de plusieurs centaines de kilogrammes d'azote et de plusieurs tonnes de carbone par hectare.

On a ensuite recherché les nitrates dans les mêmes échantillons de terre ; les dosages ont été faits par la méthode de Frankland, et quelquefois par le procédé de M. Schlœsing.

AZOTE NITRIQUE DANS UNE TONNE DE TERRE SÈCHE.

| | |
|---|---|
| *Cercle de Broadbalk*, 18 *juin* 1877. | Gr. |
| A l'intérieur | 0,23 |
| Sur le cercle | 0,92 |
| Sur le bord extérieur du cercle | 0,43 |
| A l'extérieur du cercle | 0,09 |
| *Cercle de Broadbalk*, 15 *septembre* 1877. | |
| A l'intérieur | 1,31 |
| Sur le cercle | 8,07 |
| A l'extérieur | 1,10 |
| *Cercle du Parc*, 19 *septembre* 1877. | |
| A l'intérieur | trace |
| Sur le cercle (au centre) | 0,46 |
| Sur le cercle (bord extérieur) | 1,21 |
| A l'extérieur du cercle | trace |
| *Cercle du Parc*, 25 *avril* 1878. | |
| A l'intérieur | 0,17 |
| Sur le cercle (bord intérieur) | 1,21 |
| Sur le cercle (bord extérieur) | 0,00 |
| A l'extérieur du cercle | 0,18 |

On voit que, dans tous les cas, l'acide nitrique est plus abondant sur les cercles qu'au dehors de ceux-ci ; c'est donc aux nitrates qu'il convient d'attribuer, au moins en partie, l'influence heureuse qu'exercent les champignons sur les cultures suivantes.

On a remarqué que, partout où le mycelium était présent, les extraits de terre présentaient une coloration foncée, et abandonnaient à l'évaporation un résidu riche en matières organiques ; il est probable, dès lors, qu'une partie des produits de décomposition du mycelium sont solubles et peuvent être entraînés dans le sous-sol par les eaux de drainage.

En résumé, on peut dire que, par suite d'une puissance d'assimilation qui leur est spéciale et qui est de beaucoup supérieure à celle des autres plantes, les champignons transforment la matière organique du sol et l'amènent à un état tel que les végétaux herbacés

peuvent facilement s'en saisir et se l'assimiler; l'un des termes de cette transformation est l'acide nitrique, dont l'influence est bien connue. Le développement des cercles de fées détermine un appauvrissement notable du sol; les matériaux utilisés par eux proviennent donc bien de celui-ci, et il n'est nullement nécessaire de faire intervenir l'azote atmosphérique pour expliquer leur action favorable.

---

# NOTICE NÉCROLOGIQUE

## STANISLAS CLOËZ

PAR M. P.-P. DEHÉRAIN

Le Muséum d'histoire naturelle, l'École polytechnique ont fait récemment une perte cruelle, M. S. Cloëz est mort le 12 octobre 1883, et bien que ses travaux les plus célèbres appartiennent à la chimie pure et ne puissent être que rappelés dans ce Recueil, les recherches de physiologie végétale et de chimie agricole qu'a laissées M. Cloëz ont trop d'importance pour qu'il ne soit pas de notre devoir d'en donner ici un rapide aperçu.

Nous étions lié avec M. Cloëz depuis bien des années, car ce chimiste distingué était déjà *l'aide* de notre illustre doyen, M. Chevreul, quand nous sommes entré au laboratoire de notre maître, M. Frémy, en 1850; pendant les deux années que nous avons passées au Muséum au début de notre carrière, nous avons pu apprécier, par un voisinage de tous les jours que favorisait la partie commune des deux laboratoires, toutes les qualités de celui qui devint bientôt notre ami. Bien souvent à cette époque, notre inexpérience a eu recours à son habileté; avec une extrême bienveillance il nous prodiguait ses conseils et nous donnait la meilleure de toutes les leçons en travaillant devant nous avec ce soin scrupuleux, cette recherche de la netteté, de l'exactitude qu'on retrouve dans toutes ses œuvres. En parlant de lui, aujourd'hui nous ne faisons que payer une dette de reconnaissance envers un de ceux qui ont guidé nos premi rs essais.

François Stanislas Cloëz est né à Ors (Nord), le 24 juin 1817, dans une famille de cultivateurs, qui l'envoya commencer des études au collège du Cateau, il les continua au collège de Valenciennes, puis les termina à Paris.

Il débuta par la pharmacie, passa quelque temps dans les officines du Nord, à Valenciennes, à Tournay, revint ensuite, à Paris, et fut nommé au concours, interne en pharmacie. Lorsqu'en 1845, il eut fini son temps d'internat, son goût naturel pour la chimie s'était développé et il entra dans le laboratoire de l'École polytechnique que dirigeait M. Frémy, puis, en 1846, fut choisi par M. Chevreul pour *aide* préparateur au Muséum; il ne devait plus quitter ce laboratoire, il y passa trente-huit ans, et c'est là qu'il exécuta les belles recherches qui lui ont acquis une réputation méritée.

M. Cloëz avait la passion de l'exactitude, et plusieurs de ses travaux ont été consacrés à perfectionner les méthodes analytiques, communément employées dans les laboratoires; tel est son procédé d'analyse des matières organiques dans un tube de fer parcouru par un courant d'air absolument dépouillé d'acide carbonique et de vapeur d'eau, procédé qui rend journellement tant de services; tel est l'emploi dans l'analyse de l'acide tungstique pour déterminer la décomposition complète des sels alcalins à acides organiques; mais c'est particulièrement dans ses expériences sur la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles que M. Cloëz a rendu à la physiologie végétale un service signalé en donnant une méthode d'expérimentation très facile à mettre en pratique et qui a permis de répéter très aisément la grande découverte de Priestley, complétée par Sennebicr et Ingen Housz. M. Cloëz publia son remarquable mémoire sur la végétation des plantes submergées en 1849, il eut pour collaborateur dans ce travail son collègue au Jardin: Gratiolet, qui, après avoir été longtemps aide-naturaliste, devait mourir prématurément, peu d'années après avoir professé avec tant d'éclat à la Faculté des sciences.

Le mode d'opérer est très simple, on fait passer de l'acide carbonique dans de l'eau ordinaire jusqu'à ce qu'elle soit saturée, on mélange cette dissolution dans la proportion d'un tiers ou d'un quart à de l'eau ordinaire, on y introduit des fragments de plantes marécageuses et on expose au soleil, en quelques instants on voit les feuilles se recouvrir de bulles de gaz, qui, dépouillé d'acide carbonique par un alcali, se trouve assez riche en oxygène pour rallumer les allumettes; en une demi-heure on a une démonstration saisissante de ce grand phénomène de réduction qui caractérise le règne végétal.

Cloëz et Gratiolet ne se sont pas contentés de trouver cette

méthode d'expérimentation, ils s'en sont servis pour élucider plusieurs points intéressants, ils ont reconnu notamment que les plantes submergées paraissent absorber l'acide carbonique par la face supérieure des feuilles : en exposant ces plantes à la lumière, dans de l'eau contenant du carbonate de chaux en dissolution, on voit se former un dépôt grenu d'apparence crétacée, à la face supérieure de la feuille, tandis que la face inférieure demeure absolument lisse. Ils comparèrent encore l'influence de la lumière blanche à celle de la lumière transmise à travers des verres diversement colorés, et reconnurent que la lumière jaune était plus efficace que celle qui avait passé au travers de verres teintés de bleu ou de vert, et que le gaz obtenu était, dans le premier cas, beaucoup plus riche en oxygène que dans le second.

M. Cloëz a reprit à diverses époques l'étude de cette réduction de l'acide carbonique, et chaque fois il a réussi à éliminer des erreurs qui sans lui auraient peut-être pénétrées dans la science : il reconnut que, dans les gaz dégagés par les plantes submergées, il ne se trouve pas d'oxyde de carbone (1860), il reconnut encore que la décomposition de l'acide carbonique est absolument liée à la présence de la chlorophylle et que c'est seulement dans les parties de la plante qui en renferme que la composition s'effectue. Ainsi il existe des plantes à feuilles pourpres, mais elles renferment encore de la matière verte masquée par une autre couleur, et c'est à la présence de cette chlorophylle dissimulée qu'elles doivent la décomposition de l'acide carbonique. Si, en effet, on met en expériences des fragments découpés dans les feuilles de l'*Amaranthus tricolor* et dans celles de l'*Amaranthus caudatus*, fragments qui ne renferment pas de chlorophylle, la décomposition n'a pas lieu.

M. Cloëz avait observé dans son mémoire avec Gratiolet que les sels ammoniacaux exercent une influence nuisible sur les plantes immergées dans l'eau. Rapprochant cette observation des faits constatés antérieurement par M. Bouchardat, il arriva à penser, contrairement à ce qu'on enseignait alors, que ce ne sont pas les sels ammoniacaux mais bien les nitrates qui fournissent aux plantes l'azote nécessaire à la constitution de leurs principes immédiats. M. Cloëz allait peut-être un peu loin quand il considérait les nitrates comme l'unique source de l'azote des plantes, mais son opinion sur l'influence heureuse des nitrates n'est plus contestée aujourd'hui, et peut-être ne lui a-t-on pas rendu toute justice en lui

attribuant pas toute la part qui lui revient dans le changement qu'a subi sur ce sujet l'opinion des agronomes.

Les phénomènes de nitrification avaient toujours particulièrement attiré son attention, aussi lorsqu'en 1860, sur l'initiative de M. Dumas, la Société chimique de Paris résolut de consacrer chaque année plusieurs séances publiques à l'exposé des grandes questions de chimie ou même de physique, qu'il était utile de faire connaître dans leur ensemble et qu'on demanda à Cloëz de prendre part à cet enseignement, il choisit pour sujet la nitrification.

On se rappelle l'éclat des leçons qui furent professées à cette époque; on entendit successivement M. Pasteur parler de ses premiers travaux sur les liaisons entre les formes cristallines et les propriétés optiques dans les tartrates, M. Berthelot exposer ses idées sur l'isomérie, sur la nature des principes sucrés; M. Würtz fit l'historique de sa découverte des glycols, Verdet enfin y exposa la théorie mécanique de la chaleur avec cette perfection de forme qui en ont fait un des professeurs les plus distingués de notre époque.

La leçon de M. Cloëz fut remarquablement intéressante : elle débute par un exposé historique très complet des travaux exécutés au XVIII<sup>e</sup> siècle sur l'union directe de l'azote et de l'oxygène sous l'influence de l'étincelle ou sous celle des combustions vives, il rappelle ensuite les recherches de M. Chevreul, celles qu'il a exécuté lui-même sur la formation des nitrates qui accompagne la combustion des matières organiques ou des sulfures; il montra dans cette étude que les corps poreux même imprégnés d'alcalis sont par eux-mêmes incapables de déterminer la combinaison des deux éléments de l'air, mais que cette combinaison ne se produit que sous l'influence d'une matière oxydable, et il tira de ses nombreux essais la conclusion suivante : « Dans les expériences faites pour démontrer l'assimilation directe de l'azote de l'air par les plantes, on n'a pu éviter la formation des nitrates et il nous paraît naturel d'attribuer à ces sels l'excès d'azote trouvé. L'assimilation directe doit donc être rejetée : c'est du moins mon opinion, et j'ai cru devoir vous l'exprimer franchement. »

Si on se rappelle que M. Cloëz avait été chargé de suivre toutes les opérations de la commission académique nommée pour reproduire les expériences de M. G. Ville sur la fixation directe de l'azote atmosphérique par les végétaux, on reconnaîtra l'importance de ces dernières paroles.

En terminant la lecture de cette intéressante leçon, on ne peut s'empêcher de constater une fois de plus combien nos connaissances sont encore incomplètes, combien il est imprudent de croire un sujet épuisé. « La question de la nitrification, dit Cloëz, présente encore quelques points douteux, elle occupera sans doute, à l'avenir, beaucoup de chimistes, mais elle ne nous paraît pas de nature à être le sujet de grandes découvertes. » Et quelques années plus tard MM. Schlœsing et Muntz ont montré que le mécanisme de la formation des nitrates par l'oxydation de l'ammoniaque ou des matières azotées avait complètement échappé aux observateurs précédents et qu'elle est due à l'activité d'un ferment figuré.

A diverses réprises, Cloëz s'est occupé de la composition minérale des plantes, il y a déterminé notamment la proportion relative des alcalis, ses recherches conduisent à une conclusion fort importante qu'avait formulée quelque temps auparavant l'auteur de cette notice et également MM. Lawes et Gilbert, à savoir qu'il est impossible de connaître, d'après l'analyse de la cendre d'un végétal, la nature et la quantité des substances minérales nécessaires à son développement. Et en effet, il est parfaitement démontré aujourd'hui que toutes les substances minérales contenues dans une plante n'exercent pas la même action sur son développement; MM. Ohne, Wolf et tout récemment M. Jodin, ont montré qu'on peut très bien élever sans silice des plantes qui habituellement en renferment des proportions notables; on sait en outre que lorsqu'un sol contient en quantités sensibles les substances que les plantes y recherchent, il est inutile d'en ajouter de nouvelles proportions, elles n'augmentent pas la récolte; la fameuse théorie de la restitution absolue de Liebig, qu'on avait essayé de faire passer à l'état de dogme, s'écroule de toutes parts et ne sera bientôt plus qu'un souvenir.

On doit encore à Cloëz une analyse intéressante des alcalis contenus dans le suint de mouton, où, contrairement à ce qu'on avait dit, il démontre l'existence habituelle de petites quantités de soude.

Cloëz allait souvent, avec sa famille, passer les vacances au bord de la mer; son esprit observateur n'y restait pas inactif, il rencontra dans des sols stériles et sablonneux, la glaucie : il fit l'analyse de sa graine, et y trouva 40 pour 100 d'une huile inodore, insi-

pide, comestible, propre à l'éclairage et à la fabrication des savons. Ce travail fut apprécié à son juste mérite par la Société d'agriculture, qui lui décerna une médaille d'or. Nous devons rappeler encore le travail important publié en 1865 sur le rapport existant entre la quantité d'huile contenue dans les graines et celle qu'on en retire par la pression. On a évalué à l'aide du sulfure de carbone pur la proportion d'huile contenue dans plus de 200 graines, et on a reconnu que dans la pratique on enlevait la proportion d'huile qu'indiquait l'épuisement par le sulfure de carbone diminuée du 9e environ du poids du tourteau.

Il nous est douloureux de passer sous silence l'analyse si curieuse de la météorite d'Orgueil, dans laquelle il trouva une substance humique formée de carbone d'hydrogène et d'oxygène tout à fait semblable à la matière noire que l'on peut extraire des tourbes et des lignites, d'où il semble qu'on doive déduire avec certitude qu'elle provient d'un globe où se rencontrent des conditions de végétation analogue à celles de la terre. Nous ne pouvons encore que rappeler son mémoire sur le venin du crapaud, publié avec Gratiolet, ses travaux sur l'influence qu'exerce la lumière sur les propriétés des huiles, ses recherches sur le pollen et les matières colorantes des fleurs, où il eut l'honneur d'être le collaborateur de son premier maître, M. Frémy, et surtout ses beaux travaux sur les amides et sur les bases dérivées de la liqueur des Hollandais, mais ainsi que nous l'avons dit en commençant, nous avons dû nous borner aux mémoires qui ont trait aux sujets habituellement traités dans ce recueil.

Lentement, M. Cloëz finit par atteindre une position digne de son mérite; en 1849 il était entré comme répétiteur à l'École polytechnique, il conserva cette position jusqu'au moment où la chaire de Regnault, ayant été donnée à M. Cahours il succéda à ce chimiste éminent comme examinateur de sortie pour la chimie. En 1867 il fut nommé professeur de sciences physiques à l'École des beaux-arts en remplacement de M. Pasteur. A la Société chimique, M. Cloëz était très apprécié; longtemps trésorier, il devint ensuite vice-président, puis président en 1868; il était également membre du Conseil d'hygiène et de salubrité du département de la Seine et il présida les séances de cette assemblée en 1882.

La santé de M. Cloëz avait subi quelques atteintes pendant ces dernières années, cependant rien ne faisait prévoir sa fin pro-

chaine, quand il tomba malade le 1er septembre, pour ne plus se relever.

De nombreuses amitiés l'accompagnèrent jusqu'à sa dernière demeure, et autour de sa tombe étaient représentés tous les grands établissements, toutes les sociétés dont il avait fait partie. Au nom du Muséum, M. Frémy rappela d'une voix émue l'éclat de ses recherches, M. Mercadier, directeur des études à l'École polytechnique se fit l'interprète des regrets de l'École, M. Lenoir, secrétaire-général de l'École des beaux-arts, M. Barral au nom de la Société d'encouragement, M. le Dr Lagneau, vice-président du Conseil d'hygiène et de salubrité du département de la Seine, célébrèrent à l'envie, la réctitude de sa vie, la sûreté de son commerce, la bonté de son cœur.

La vie de M. Cloëz a été toute entière consacrée à l'étude, elle a été embellie par les joies de la famille: il avait épousé la sœur du Dr Vulpian, qui est aujourd'hui à la tête de la médecine française; et son fils, après avoir passé par l'École polytechnique, abandonna son épaulette pour se livrer à ses côtés à l'étude de la chimie.

Quelque importants que soient les travaux de Cloëz, peu, s'en est fallu qu'ils n'eussent encore un plus vif éclat. A deux ou trois reprises différentes dans ses recherches, des chances heureuses se sont rencontrées, il les a laissées échapper; un certain dédain des théories nouvelles, la crainte de l'erreur, peut-être l'absence de la qualité la plus dangereuse pour un savant, mais la seule qui conduit à de grandes découvertes, l'imagination, ne lui ont-elles pas permis de tirer de quelques-unes de ses découvertes, les magnifiques conséquences qui en ont découlé. A plusieurs reprises on a pu croire qu'il prenait son élan pour atteindre les hautes régions de la science, il est resté à mi-côte, mais son œuvre présente néanmoins des caractères de netteté et d'exactitude qui la défendront contre les atteintes du temps.

---

## REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

---

### Physiologie végétale

*Études complémentaires sur la transpiration*, par M. P. Sorauer [1]. — L'eau évaporée par une plante provient de deux sources différentes: les oxy-

1. D'après le résumé du *Centralbl. für Agriculturchemie*, 1883 p. 687.

dations dont les tissus végétaux sont le siège et qui produisent de l'eau de toutes pièces, l'absorption par les racines d'une quantité d'eau qui traverse mécaniquement la plante. Dans certaines conditions, la transpiration peut diminuer alors que l'évaporation physique augmente et inversement; les agents physiques extérieurs ne sont donc pas les seuls facteurs qui déterminent l'activité de la transpiration, mais il faut tenir compte également des phénomènes intérieurs de l'accroissement.

Plus la métamorphose des principes immédiats est active et plus grandes seront les quantités d'acide carbonique et d'eau émises par la plante ; il en résulte que ces quantités dépendent de la somme des matières organiques disponibles, en d'autres termes du poids des matières sèches.

D'un autre côté, cette influence du travail chimique intérieur elle-même varie suivant la constitution de l'individu et suivant le climat et la nature du sol.

Pour transformer ou pour produire un gramme de matière sèche la plante dépense une somme d'énergie qui varie suivant que les conditions extérieures ou vitales sont plus ou moins favorables ou favorablement combinées. Or, d'après l'auteur, la transpiration est l'expression du travail fourni par la plante; elle doit donc varier suivant la grandeur de l'appareil sur lequel ce travail s'étend.

Si on considère comme fixe la production d'un gramme de matière sèche dans une série de plantes exposées aux mêmes conditions, l'appareil foliaire peu développé d'un individu doit travailler plus que l'appareil plus grand d'un autre. Plus la surface chlorophyllienne est grande, moins grand sera l'effort pour la production de ce gramme de matière sèche. L'effort étant au contraire égal de part et d'autre, le grand appareil produira plus de matière-sèche que le petit.

S'il est vrai que la transpiration est parallèle à l'intensité de production, elle doit être d'autant plus faible, par centimètre carré de surface, que la surface dont la plante dispose est grande.

Les expériences suivantes montrent que cela est, en effet, le cas.

Des potirons qui avaient germé dans le sable ont été repiqués le 14 juin dans du bon terreau de feuilles.

Le 17 juillet les trois plantes étaient garnies de feuilles dont la surface était en moyenne de 800 c. q.; chacune d'elles avait évaporé 434 grammes d'eau.

L'une des plantes portant neuf feuilles, qui mesuraient ensemble 898 c. q. a été privée de cinq feuilles de 525 c. q., malgré cela la transpiration est restée égale à celle des plantes intactes. La surface restante a donc dû se charger d'une partie du travail des feuilles enlevées. Au bout de dix-sept jours cette plante avait produit par le développement des bourgeons auxillaires, dix nouvelles feuilles d'une surface totale de 1121 c. q..

Une partie des feuilles ayant été supprimée, la transpiration ne s'en est nullement ressentie.

Dans une autre série d'expériences, on a supprimé la moitié supérieure de chaque feuille et on a également enlevé toutes les feuilles nouvellement produites à la suite de cette opération. La transpiration a d'abord diminué pendant cinq jours, mais elle s'est bientôt relevée pour devenir égale, au bout de onze jours à celle des témoins.

L'auteur étudie ensuite la transpiration d'une plante qui végète dans une solution nourricière de composition optima. Il parvient à montrer que la transpiration est très forte dans ces conditions qui favorisent au plus haut degré la formation des principes immédiats, mais que la quantité d'eau perdue par gramme de matière sèche produite est très-faible [1].

Ce travail nous ramène à une ancienne opinion de M. Dehérain, qui a cru reconnaître par de nombreuses expériences au soleil, à l'obscurité et à la lumière colorée, un lien étroit entre l'assimilation et la transpiration.

D'un autre côté l'auteur occupe aujourd'hui une place bien isolée parmi les observateurs qui s'occupent de la transpiration des végétaux.

Il y a un point faible dans son raisonnement : c'est qu'il conclut à une relation entre la transpiration et le travail chimique sans avoir discuté toutes les possibilités purement physiques qui ont pu produire les phénomènes observés.

Il nous semble que ces expériences devraient être faites sur d'autres plantes que des herbes de grande taille, grimpantes et douées d'une poussée des racines si considérable qu'il y a lieu de croire qu'elle seule règle la transpiration ; en effet, dans une telle plante, il est fort possible qu'à l'état normal les feuilles évaporent beaucoup moins d'eau qu'elles pourraient le faire si ce liquide affluait en abondance, que, par conséquent, si une partie des feuilles est supprimée, les feuilles restantes recevant la même quantité d'eau que l'ensemble des feuilles, sont encore capables de l'évaporer en totalité.

Il eût été intéressant d'étudier ces mêmes faits non sur des plantes intactes mais sur des plantes coupées, afin de supprimer la poussée des racines.

Nous avons fait une expérience de ce genre sur un topinambour dont nous avons successivement enlevé les feuilles en observant l'absorption de l'eau par la section de la tige : la transpiration a diminué à chaque opération.

L'étude de la transpiration et de l'absorption de l'eau est arrivée au point où il devient absolument indispensable de faire de la physiologie comparée : ce serait folie de croire que ces phénomènes se produisent de la même manière et par les mêmes moyens dans les herbes et dans les plantes ligneuses, dans les arbustes dressés et dans les lianes, dans les petites herbes et dans les herbes grimpantes. VESQUE.

## Chimie agricole

*Sur les blés des Indes*, par M. BALLAND (Comptes rendus, 8 octobre). — L'auteur constate que les blés des Indes renferment un grand nombre de graines étrangères, jusqu'à 3 pour 100 environ, appartenant à des légumineuses, des cucurbitacées et même des euphorbiacées. La plus abondante de ces espèces étrangères paraît être la *Vicia peregrina*, qui forme à elle seule les douze millièmes des grains examinés.

*Influence de la pulpe de diffusion sur le lait de vache.* (Comptes rendus, 8 octobre). — MM. AUDOUARD et DÉZAUNAY ont observé que le lait d'une vache

1. Rappelons que c'est également sur des cucurbitacées que M. Laskovski a autrefois pu s'assurer d'un dégagement d'eau chimiquement produite dans les tissus. Voy. *Ann. agronomiques*, t. I, p. 49.

mise au régime de pulpes de diffusion prenait rapidement une saveur désagréable et manifestait une tendance très marquée à la coagulation : un enfant d'un mois refusait absolument de le consommer. Une étude attentive de ces faits a conduit les auteurs aux conclusions suivantes :

1° La pulpe de diffusion conservée en silos et donnée à une vache à la dose de 50 kilogrammes par jour augmente la production du lait de près d'un tiers ;

2° Elle n'a pas d'influence sensible sur la richesse du lait en caséine et en matières minérales, mais elle augmente la proportion du beurre, et surtout celle du sucre ;

3° Enfin elle communique au lait une saveur spéciale et lui donne une prédisposition certaine à la fermentation acide.

Les auteurs attribuent ces modifications à la présence des acides qui se forment pendant la fermentation inévitable des pulpes.

## Phylloxéra.

M. Laugier annonce, dans une lettre adressée à M. Dumas, que le traitement des vignes au sulfure de carbone et au sulfocarbonate de potassium a donné dans les Alpes-Maritimes d'excellents résultats. Dans les vignobles des environs de Nice, qui ont été traitées pour la première fois en 1882-83, il n'est plus possible aujourd'hui de découvrir un seul insecte ; enfin, au point de vue de la végétation et de la fructification des ceps, les résultats sont des plus satisfaisants. L'auteur n'hésite pas à dire que, dans ces conditions, il est permis d'espérer qu'on arrivera peu à peu à l'extinction complète des foyers phylloxériques, aussi bien qu'en Suisse et en Italie, où les vignobles contaminés sont immédiatement détruits.

## Bibliographie.

*Mémoire sur quelques expériences agricoles faites à Bellevue (Meurthe-et-Moselle)*, par M. P. Genay. — M. P. Genay poursuit depuis un certain nombre d'années une importante série d'expériences sur son domaine de Bellevue ; ses essais bien conçus, présentés nettement, sont dignes d'intérêt. L'auteur dispose les résultats de ses expériences en tableaux comprenant la nature des engrais employés, leur valeur, le poids et le prix de la récolte ; il compare celui-ci au poids et à la valeur de la récolte obtenue de la parcelle sans engrais, ce qui lui permet de mettre en lumière la partie financière de l'opération, et de reconnaître si l'emploi des engrais a été onéreux ou au contraire a laissé quelques bénéfices.

Employé sur le blé, l'azotate de soude à la dose de 200 kilos donne 81 francs de bénéfices ; l'addition de 500 kilos de superphosphate fait baisser ce bénéfice à 66 francs, et celui-ci tombe à 27 francs quand on a fait usage d'engrais complet ; les engrais minéraux employés seuls ou associés deux à deux ont amené des pertes, peu sensibles, il est vrai, mais le faible excès de récolte qu'ils ont provoqué, a été insuffisant pour payer la dépense qu'a occasionnée leur acquisition.

*Le Gérant :* A. Masson.

Motteroz, Adm.-Direct. des Imprimeries réunies, B.

ASSOCIATION DES ÉLÈVES DE M. FRÉMY

# CONFÉRENCE

SUR

LES DIFFÉRENTS PRINCIPES

# QUI CONSTITUENT LES TISSUS VÉGÉTAUX

PAR

**M. URBAIN**

Répétiteur à l'École Centrale,
Préparateur au Muséum d'histoire naturelle.

Dans cette conférence, je me propose d'exposer les principaux résultats mis en lumière par les travaux que M. Frémy poursuit, depuis l'année 1859, sur la composition chimique des tissus végétaux, travaux auxquels j'ai eu l'honneur de collaborer durant ces huit dernières années.

Les principes qui entrent dans la constitution des tissus végétaux sont : les celluloses (cellulose, paracellulose, méta-cellulose), la pectose, la vasculose et la cutose.

## Celluloses.

Les différentes variétés de cellulose, qui constituent la majeure partie des organes des végétaux, peuvent être caractérisées par la manière dont elles se comportent vis-à-vis du réactif de Schweitzer. Tantôt le produit se dissout immédiatement et entièrement dans ce réactif; telle est la cellulose qui forme la presque totalité des poils de la graine du cotonnier et le tissu utriculaire de certains fruits, comme la pomme : c'est la *cellulose proprement dite*. Tantôt la substance ne se dissout dans la liqueur cuivrique qu'après avoir subi l'action de certains réactifs, par exemple après ébullition avec l'acide chlorhydrique très étendu; telle est la cellulose qui forme les cellules épidermiques des feuilles, ainsi que le tissu des racines: c'est la *paracellulose*. Enfin tantôt la substance cellulosique est complètement insoluble dans le réactif ammoniaco-cuivrique, même

après l'action des acides : c'est la *métacellulose*. Cette dernière variété est beaucoup plus rare que les précédentes, elle ne se rencontre que dans quelques végétaux acotylédonés, les champignons et les lichens.

On a objecté que la particularité présentée par certains tissus de ne se dissoudre dans le réactif cuivrique qu'après avoir été chauffés pendant quelque temps avec un acide étendu, pouvait être due à la présence de matières étrangères, sels calcaires, substances grasses ou cireuses, qui protégeraient la cellulose dont ils seraient formés de l'action du réactif de Schweitzer. Cette hypothèse n'est pas admissible, car la paracellulose peut être traitée à plusieurs reprises par l'alcool et l'éther, puis par les alcalis et enfin par les acides, pourvu que ceux-ci soient en solutions étendues et froides, sans cesser d'être inattaquables par la liqueur cuivrique. De tels traitements auraient dû cependant suffire pour priver les tissus précédents des impuretés dont nous venons de parler. D'autre part, la transformation de la paracellulose en cellulose soluble dans la liqueur cuivrique peut être effectuée autrement que par ébullition avec un acide étendu. Il suffit de l'humecter avec un peu d'eau distillée et de la chauffer dans un tube scellé à 125° pendant quelques heures. Or dans ces conditions, on ne peut enlever aucune des matières étrangères que renfermerait le tissu, et cependant ce dernier est devenu complètement attaquable par le réactif de Schweitzer.

Sauf la façon dont ces deux premières variétés de cellulose se comportent avec le réactif cuivrique, ce qui a permis de les différencier, elles éprouvent de la part des autres réactifs les mêmes transformations.

La métacellulose, ou *fungine* de Braconnot, forme le tissu utriculaire du champignon de couche, qui peut avantageusement être employé pour sa préparation. Ce qui rapproche cette substance de la cellulose ordinaire, c'est sa solubilité dans l'acide sulfurique concentré, sans coloration de cet acide, et sa transformation en glucose. Mais les propriétés qu'elle présente de se dissoudre à froid dans l'acide sulfurique à 4 ou à 5 équivalents d'eau, à l'ébullition dans l'acide chlorhydrique, ainsi que sous l'influence des agents oxydants, comme l'acide azotique, les hypochlorites alcalins, etc., ne permettent pas de la confondre avec la cellulose. Elle a d'ailleurs la même composition élémentaire que cette dernière.

### Vasculose.

La vasculose se rencontre dans presque tous les organes, dans presque tous les tissus des végétaux. Elle constitue parfois à elle seule leurs vaisseaux et trachées, toujours elle y prédomine; c'est elle que l'on rencontre dans le parenchyme cortical, se présentant souvent sous forme d'une membrane continue, comme dans certaines racines. D'une manière générale on peut dire que la vasculose est surtout abondante dans les parties des végétaux qui présentent une plus grande dureté : c'est ainsi qu'on la trouve en plus grande abondance dans les bois durs que dans les bois tendres, qu'elle existe en grande quantité dans les concrétions pierreuses des poires et dans l'endocarpe de la noix ordinaire, de la noisette, de l'abricot, de la pêche, de la noix de coco, etc.

Comme on le voit, c'est la matière incrustante de Payen, mais au lieu d'être, comme le pensait ce savant, une substance mal définie, imprégnant plus ou moins certaines cellules, c'est un principe immédiat, possédant une composition et des propriétés constantes, qu'il est facile d'isoler à l'état de pureté.

On peut l'extraire d'un grand nombre de tissus végétaux; pour l'obtenir, il est avantageux de se servir de la moelle de sureau à laquelle on enlève la cellulose et la paracellulose qu'elle renferme, soit par l'acide sulfurique à 3,5 équivalents d'eau, soit en épuisant l'action du réactif de Schweitzer sur ce tissu que l'on aura fait bouillir préalablement avec de l'acide chlorhydrique étendu.

La vasculose est une substance jaunâtre, qui, vue au microscope, offre l'aspect du tissu qui l'a fournie. Sa densité est 1, 5 à 16°. Elle est insoluble dans tous les dissolvants neutres. Elle n'éprouve aucune altération lorsqu'on la fait bouillir avec les acides sulfurique, chlorhydrique, phosphorique étendus et en général avec tous les acides, ne pouvant pas, en se décomposant, céder facilement de l'oxygène. Elle n'est pas davantage altérée par une ébullition avec les liqueurs alcalines. Lorsqu'on la met en contact pendant un certain temps à froid avec de l'acide sulfurique à 3,5 équivalents d'eau, qui est l'acide sulfurique le moins concentré susceptible de dissoudre la cellulose, la vasculose perd 2 équivalents d'eau et en même temps se colore en brun foncé. Si, au lieu d'acide, à 3,5 équivalents d'eau, on prend l'acide sulfurique ordinaire et qu'on le laisse

en contact longtemps avec la vasculose, cette substance perd deux équivalents d'eau. Le produit que l'on obtient ainsi est un peu soluble dans l'acide sulfurique et lui communique une coloration noire; mais il est précipité par l'addition d'une certaine quantité d'eau. C'est surtout à la présence de la vasculose dans le bois qu'est due la coloration noire que prend cette substance lorsqu'on la plonge dans l'acide sulfurique ordinaire.

La vasculose est facilement altérée par tous les agents d'oxydation. L'acide azotique, même étendu de plusieurs fois son volume d'eau, mis au contact de la vasculose à la température ordinaire, en détermine rapidement l'oxydation. Plusieurs acides peuvent prendre naissance dans ces conditions suivant la concentration de l'acide nitrique employé, et le temps pendant lequel on a laissé la réaction se produire. Ces acides sont incristallisables ainsi que leurs sels, mais en traitant par l'alcool le produit résultant de cette oxydation de la vasculose, on le sépare en deux parties : l'une soluble dans l'alcool et dans l'eau, l'autre qui ne se dissout que dans les liqueurs alcalines. Cette dernière partie est d'autant plus importante, par rapport à la première, que l'acide azotique employé a été plus étendu et a agi pendant moins de temps. La composition de ces acides diffère de celle de la vasculose par une certaine quantité d'oxygène en plus. Tous les agents d'oxydation, l'acide chromique, le permanganate de potasse, les hypochlorites alcalins, etc., font éprouver à la vasculose les mêmes altérations.

L'oxygène atmosphérique lui-même peut à la longue produire les mêmes effets. Du bois exposé à l'air, lorsque sa surface n'est protégée par aucun enduit, perd rapidement sa consistance, comme on le sait. La facile oxydabilité de la vasculose permet d'expliquer ce fait : cette substance s'est oxydée peu à peu et l'acide résultant s'est dissous dans l'eau de pluie à la faveur de l'ammoniaque qu'elle renferme. Aussi peut-on constater dans le bois ainsi altéré l'absence de vasculose.

La vasculose, qui, comme nous l'avons dit, n'est nullement altérée lorsqu'on la fait bouillir avec des solutions même concentrées de potasse ou de soude à l'air libre, se dissout rapidement lorsqu'on la chauffe sous pression vers 130° avec une solution moyennement concentrée de ces alcalis. La liqueur brune que l'on obtient ainsi, saturée par un acide, laisse précipiter une matière floconneuse noire. Ce précipité est de nature complexe : une portion est soluble

dans l'éther, la majeure partie est insoluble dans ce dissolvant, mais se dissout dans l'alcool; enfin, lorsque l'opération n'a pas été longtemps prolongée, une partie du produit se dissout seulement dans les liqueurs alcalines. Les composés qui se forment dans ces conditions et qui tous sont incristallisables, sont des produits de deshydratation de la vasculose ; toutefois le corps soluble dans l'éther paraît résulter de l'oxydation des précédents. C'est sur cette propriété de la vasculose de se dissoudre dans les solutions alcalines, lorsqu'on la chauffe sous pression avec ces liqueurs, que repose le traitement chimique que l'on fait subir à la paille ou au bois pour préparer de la pâte à papier à l'aide de ces produits, les fibres constituées par de la cellulose n'éprouvant aucune altération dans ces circonstances et se trouvant par suite complètement isolées.

Les acides bruns dont nous venons de parler peuvent encore être obtenus facilement en soumettant la vasculose à l'action de la potasse en fusion dans un creuset d'argent. Dès que la vasculose a été complètement attaquée, si l'on reprend le produit par l'eau, on obtient une liqueur brune, de laquelle un acide sépare un précipité floconneux noirâtre. Ce précipité est formé des composés que nous avons signalés précédemment. Celui qui en constitue la majeure partie est soluble dans l'alcool et dans l'acide sulfurique concentré, et présente toutes les propriétés que l'on assigne à l'acide ulmique. C'est donc la vasculose contenue dans le bois qui donne naissance à cet acide dans l'expérience de Braconnot.

Soumise à la température du rouge sombre, la vasculose se décompose en donnant à la distillation une forte proportion d'acide acétique, de l'alcool méthylique, des goudrons et laissant un résidu de charbon; en même temps il se dégage des gaz parmi lesquels domine le formène. C'est à la présence de la vasculose dans le bois qui est soumis industriellement à la distillation qu'il faut rapporter la production de l'alcool méthylique et de l'acide acétique, que fournit cette opération. Aussi, l'expérience a-t-elle conduit les industriels à n'employer pour cette distillation que des bois dits bois durs, qui sont riches en vasculose, comme le chêne par exemple. La cellulose, en effet, soumise à la distillation sèche, donne bien de l'acide acétique, mais en quantité beaucoup moindre que la vasculose; de plus cet acide est accompagné d'acide formique en proportion telle, que ces acides étant saturés par le carbonate de soude, le sel double qui prend naissance ne cristallise pas, ou du moins ne

cristallise que très difficilement. Industriellement, cet acide acétique est donc perdu; on le retrouve dans les eaux-mères de la cristallisation de l'acétate de soude, à l'état d'acétoformiate de soude, mélangé d'un peu de propionate et de butyrate de la même base. D'autre part, la distillation de la cellulose ne donne pas d'alcool méthylique.

L'analyse élémentaire de la vasculose a montré que cette substance contenait :

| | |
|---|---|
| Carbone | = 59.341 |
| Hydrogène | = 5.494 |
| Oxygène | = 35.165 |

Parmi les différentes formules répondant à cette composition, celle qui paraît se prêter le plus simplement à l'expression des différentes réactions indiquées précédemment, serait $C^{36} H^{20} O^{16}$.

### Cutose.

On sait que toutes les parties aériennes des végétaux sont recouvertes par une cuticule. Cette cuticule présente souvent une constitution assez complexe, dans certains fruits par exemple, mais toujours sa face extérieure est formée par un principe immédiat particulier, affectant la forme d'une pellicule très ténue. C'est la cutose.

La cutose peut être retirée à l'état de pureté de la cuticule de différentes feuilles, mais celles qui paraissent devoir être préférées pour cette préparation sont les feuilles de l'agave qui, après macération dans l'eau à l'abri de l'air et à la température de 30° pendant quelques jours, fournissent une cuticule épaisse (pesant 1 milligramme environ par centimètre carré) presque entièrement formée de cutose. D'autre feuilles, celles du lierre, par exemple, possèdent une cuticule d'abord infiniment plus mince, mais en outre formée d'une pellicule de cutose soudée à une membrane de paracellulose dont le poids est double de celui de la cutose qui la recouvre. Dans ce cas, les cuticules une fois séparées doivent être traitées par de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique et bouillante, puis par le réactif cuivrique, afin de dissoudre la paracellulose. Ce traitement par l'acide chlorhydrique étendu a en outre pour effet utile de dissoudre une petite quantité de chaux et de phosphate de chaux que renferme toujours la cuticule. Cette cuticule est en

outre imprégnée de matières cireuses dont il faut la débarrasser par un traitement à l'alcool bouillant et à l'éther.

Ainsi purifiée, la cutose présente la composition suivante :

| | | |
|---|---|---|
| Carbone | = | 68.293 |
| Hydrogène | = | 8.953 |
| Oxygène | = | 22.754 |

La cutose se dissout lentement à la température de l'ébullition dans les liqueurs alcalines étendues, et même dans les solutions de carbonates alcalins, il est vrai avec une extrême lenteur. La solution saturée par un acide laisse déposer un précipité floconneux jaunâtre, fusible au-dessous de 100°, soluble dans l'alcool et l'éther. Lorsqu'à la solution précédente, on ajoute un grand excès d'alcali, ou encore certains sels, comme le chlorure de sodium par exemple, le composé alcalin auquel on a donné naissance vient surnager à la surface du liquide, se comportant comme ferait un savon dans les mêmes circonstances.

Si l'on analyse l'acide isolé comme nous l'avons indiqué précédemment, on lui trouve la composition de la cutose.

Dans cette attaque de la cutose, lorsqu'on emploie une solution de potasse plus concentrée, ou que l'on prolonge plus longtemps l'action de l'alcali, on obtient un résultat différent. Le précipité, qui se forme lorsqu'on sature la liqueur alcaline par un acide, se dissout bien encore dans l'alcool bouillant, mais par le refroidissement une partie se précipite. On peut ainsi séparer deux acides, l'un soluble dans l'alcool froid et qui, après évaporation du dissolvant, se présente sous forme d'une masse brune visqueuse ; l'autre, qui a pu être isolé par filtration de la liqueur alcoolique, est jaune, solide, fusible vers 85° ; après fusion, il est brunâtre, translucide, très friable. Ces deux acides sont solubles dans l'éther ; ils se dissolvent facilement dans les liqueurs alcalines étendues ; les sels qu'ils forment ainsi se séparent de leur dissolvant lorsqu'on ajoute de l'alcali en grand excès, ou encore du chlorure de sodium. Ces deux acides se combinent à froid avec l'acide sulfurique concentré et se séparent lorsqu'on ajoute de l'eau à la liqueur, nouvelle analogie que ces corps présentent avec les acides gras.

Lorsqu'on fait agir sur la cutose, ou sur l'acide jaune dont nous venons de parler, de la potasse caustique très concentrée pendant un certain temps, en reprenant par l'eau et filtrant, on obtient

d'une part une liqueur brune foncée, qui saturée par un acide, donne l'acide brun visqueux, décrit précédemment, *l'acide oléocutique;* d'autre part, sur le filtre, il reste une matière blanche translucide, insoluble dans l'eau. Cette matière est soluble dans l'alcool bouillant et se précipite presque complètement par le refroidissement. C'est le sel de potasse d'un acide que l'on peut en retirer par l'action de l'acide chlorhydrique par exemple. Cet *acide stéarocutique* est blanc, solide, fusible vers 76°, insoluble dans l'éther et dans l'alcool froid et peu soluble dans l'alcool bouillant, assez soluble dans la benzine et dans l'acide acétique bouillants.

Cet acide jouit de la propriété de se combiner avec l'acide oléocutique, pour donner un composé identique avec l'acide jaune dont nous avons parlé plus haut. Ainsi l'acide stéarocutique, qui est si peu soluble dans l'alcool, se dissout facilement dans une solution alcoolique de l'acide oléocutique. En outre le sel de potasse de l'acide stéarocutique, qui est insoluble dans l'eau, se dissout dans la solution aqueuse du sel de potasse de l'acide oléocutique.

Cette propriété que présentent les deux acides dont nous nous occupons de se combiner ainsi entre eux, explique les nombres variables que nous ont fournis les analyses de l'acide jaune et la difficulté d'obtenir exactement la composition de l'acide oléocutique.

Ces acides présentent la composition suivante :

| | | |
|---|---|---|
| Acide stéarocutique. | Carbone | = 75.000 |
| | Hydrogène | = 10.714 |
| | Oxygène | = 14.286 |
| Acide oléocutique. | Carbone | = 66.666 |
| | Hydrogène | = 7.936 |
| | Oxygène | = 25.398 |

L'analyse des différents sels formés par ces acides a conduit à adopter pour l'acide stéarocutique la formule $C^{56}H^{48}O^{8}$ et pour l'acide oléocutique $C^{28}H^{20}O^{8}$.

Ces acides chauffés pendant longtemps à 100° soit en présence des bases, soit en présence de l'eau, soit seuls dans des tubes scellés, se modifient. Ainsi l'acide stéarocutique dans ces conditions devient très rapidement complètement insoluble dans l'alcool; en même temps son point de fusion s'est élevé : de 76° il est devenu 95°. L'acide oléocutique se modifie plus difficilement à 100°, mais

chauffé pendant trois heures à 135°, il est devenu complètement insoluble dans l'éther, dans l'alcool et dans les solutions étendues de potasse chaude. Chauffé avec une solution de potasse concentrée, il s'est dissout lentement et après précipitation par un acide, il a repris toutes ses propriétés ordinaires.

Le mélange de ces deux acides, ou ce que nous avons appelé l'acide jaune, se comporte de même. Chauffé pendant quelques heures en tube scellé entre 120 et 130°, il devient infusible à 100°, tout à fait insoluble dans l'alcool, l'éther, et inattaquable par la potasse en solution étendue et bouillante. Prolonge-t-on l'ébullition avec cet alcali, il finit par se dissoudre et présente alors les propriétés que nous avons indiquées précédemment.

Une température de 100°, ou même une exposition au soleil longtemps prolongée, pendant plusieurs semaines, font subir à l'acide jaune la transformation précédente.

La cutose serait donc une combinaison de l'acide oléocutique et de l'acide stéarocutique sous la modification dont nous venons de parler. L'action des alcalis sur la cutose aurait pour effet de faire passer les acides de leur modification insoluble à leur modification soluble.

La cutose résulterait de la combinaison de 5 équivalents de l'acide oléocutique avec un équivalent d'acide stéarocutique.

Si l'on fait bouillir la cutose avec de l'acide azotique étendu de son volume d'eau, cette substance se transforme d'abord en une matière cireuse jaune, fusible à 100°, qui se réunit à la surface du liquide. Ce composé qui est un produit nitré, est soluble dans l'alcool et dans les alcalis. Poursuit-on l'action de l'acide azotique jusqu'à ce que la substance précédente soit dissoute, on obtient de l'acide subérique.

Traite-t-on de même les deux acides que l'on peut retirer de la cutose par l'action des alcalis, on constate que c'est l'acide olécutique qui, par oxydation, fournit cet acide subérique.

Cette propriété de la cutose de fournir de l'acide subérique sous l'action de l'acide azotique bouillant est également le caractère distinctif d'une substance existant en proportion considérable dans le liège, à laquelle M. Chevreul a donné le nom de *subérine*. Il était naturel, par conséquent, d'étudier comparativement la subérine et la cutose et de voir si ces deux principes ne présenteraient pas d'autres points de ressemblance. Or, en soumettant la subérine à

l'action des alcalis, on obtient les deux mêmes acides que fournit la cutose.

En résumé, les différents principes qui constituent les tissus des végétaux peuvent être caractérisés de la manière suivante :

Toutes les variétés de *cellulose* sont dissoutes par l'acide sulfurique : l'acide le plus faible susceptible d'opérer cette dissolution est celui qui contient 3,5 équivalents d'eau.

La *cellulose proprement dite* se dissout dans le réactif ammoniaco-cuivrique.

La *paracellulose* devient soluble dans ce dernier réactif après une ébullition de quelques instants dans l'acide chlorhydrique très étendu.

La *pectose*, sous l'influence de l'acide chlorhydrique étendu, à la température de l'ébullition, se transforme en pectine soluble dans l'eau et précipitable par l'alcool.

La *vasculose* se dissout dans les solutions alcalines lorsqu'elle a été oxydée, par exemple à l'aide d'une digestion dans l'acide azotique étendu. Elle se dissout directement lorsqu'on la chauffe sous pression vers 120° avec une solution de potasse.

La *cutose* est soluble dans une dissolution bouillante de potasse caustique.

Nous allons montrer par des exemples comment les caractères précédents peuvent être mis à profit pour déterminer la composition des différents organes d'une plante. Les résultats obtenus peuvent être contrôlés en isolant successivement chacun des principes immédiats qui entrent dans la constitution d'un même tissu et dissolvant les autres substances qui l'accompagnent. On doit considérer comme définitivement acquis les nombres trouvés identiques par les différentes méthodes d'analyse permettant d'obtenir cette séparation.

La marche à suivre pour faire ces analyses et pour isoler ainsi les corps qui composent un tissu variant avec la nature de ces corps, nous examinerons successivement les principaux organes d'un végétal, les tiges, les racines, les feuilles, les fleurs et les fruits, et nous indiquerons pour chacun les résultats auxquels nous sommes arrivés.

### Tiges.

Dans les tiges, on distingue trois parties principales : le bois, le parenchyme de la moelle et l'enveloppe subéreuse.

*Bois*. — Le tissu des différents bois est formé de cellulose, de paracellulose et de vasculose.

Avant de déterminer les proportions de ces composés qui existent dans une variété donnée de bois, il faut d'abord débarrasser celui-ci des matières étrangères qui accompagnent son tissu. A cet effet, après l'avoir débité sous forme de copeaux, on soumet ceux-ci à l'action de l'alcool et de l'éther qui dissolvent les substances résineuses, puis à des lavages à l'eau distillée et à l'eau légèrement alcalinisée par la potasse pour enlever les produits solubles et les composés pectiques existant d'ordinaire dans les cellules ligneuses, enfin à un traitement par l'acide chlorhydrique très étendu pour dissoudre les sels calcaires.

Si nous prenons comme exemple le bois de chêne, nous trouvons que 100 parties de ce bois renferment :

| | |
|---|---|
| Eau | 10 p. 100 |
| Substances solubles dans l'alcool et l'éther | 4 — |
| Substances solubles dans l'eau et dans les solutions alcalines | 10 — |

On soumet alors un poids déterminé des copeaux ainsi purifiés à l'action de la liqueur de Schweitzer, qui dissout la cellulose. Lorsque l'on a constaté que ce réactif ne dissout plus rien[1], on lave le produit avec de l'eau légèrement acidulée, puis avec de l'eau pure; on le dessèche et enfin on le pèse. La perte de poids éprouvée par le tissu représente la proportion de cellulose qu'il renferme.

Pour doser la paracellulose, on fait bouillir les copeaux précédemment traités, pendant quelques instants, avec de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique, afin de rendre cette paracellulose soluble dans le réactif cuivrique, puis on les met de nouveau en contact avec cette liqueur. Ce double traitement, c'est-à-dire l'ébullition du tissu avec l'acide chlorhydrique étendu, puis l'action de la liqueur de Schweitzer, doit être répété à plusieurs reprises et l'on ne doit s'arrêter que, lorsqu'après l'un de ces traitements, le réactif cuivrique n'a plus rien dissous.

1. Pour cela on sature une partie de la liqueur cuivrique par de l'acide chlorhydrique; on ne doit constater la formation d'aucun précipité. — Pour séparer le produit non dissous du réactif de Schweitzer, il est commode de se servir de filtres formés d'une toile métallique à mailles très fines.

Lorsque le produit obtenu aura été lavé et séché, la perte de poids qu'il aura subie représentera la quantité de paracellulose qu'il contenait.

Le résidu que nous ont laissé les différentes manipulations précédentes est formé de vasculose pure. La pesée dernière nous donne, par suite, la proportion de ce principe qui entrait dans la constitution du tissu.

Les bois de chêne et de peuplier, par exemple, purifiés comme nous l'avons indiqué précédemment, soumis à ce mode d'analyse, nous ont fourni les résultats suivants :

*Bois de chêne.*

| | grammes. | | |
|---|---|---|---|
| Copeaux de bois de chêne purifiés | 20.00 | 5.41 | = cellulose. |
| Après avoir été traités par le réactif de Schweitzer. | 14.59 | | |
| Traités par le même réactif après ébullition dans l'eau acidulée | | 8.58 | = paracellulose. |
| | 6.01 | | = vasculose. |

*Bois de peuplier.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Copeaux de bois de peuplier purifiés | 20.00 | 6.82 | = cellulose. |
| Après avoir été traités par le réactif de Schweitzer. | 13.18 | | |
| Traités par le même réactif après ébullition dans l'eau acidulée | | 9.19 | = paracellulose. |
| | 3.99 | | = vasculose. |

Nous ferons remarquer que ces chiffres peuvent être contrôlés en dosant par des méthodes différentes soit la vasculose, soit les composés cellulosiques.

C'est ainsi qu'en traitant des copeaux de chêne et de peuplier, préalablement purifiés, par de l'acide sulfurique à 3,5 équivalents d'eau, la cellulose et la paracellulose du tissu sont entièrement dissoutes et la vasculose reste comme résidu. Celle-ci lavée et séchée, nous donne très sensiblement la même fraction du poids de la substance employée que celle fournie par l'analyse précédente.

| | grammes. | |
|---|---|---|
| 20 gr. de copeaux de chêne, traités par $SO^3$, 3.5 HO, ont laissé | 5.89 | de vasculose. |
| 20 gr. de copeaux de peuplier — — | 3.95 | — |

La petite différence que l'on constate entre les chiffres et ceux qui ont été obtenus précédemment, tient à ce que, sous l'influence de l'acide sulfurique, la vasculose perd une certaine quantité d'eau, comme nous l'indiquons en parlant des propriétés de ce composé.

Enfin veut-on doser directement la cellulose et la paracellulose

ensemble, il suffit de mettre les copeaux que nous avons préalablement purifiés en contact, pendant une journée, à la température ambiante, avec de l'acide azotique ordinaire étendu de son volume d'eau, puis de les faire bouillir avec de l'eau ammoniacale. L'acide azotique, dans ces conditions, n'attaque pas la cellulose, mais il oxyde la vasculose et la transforme en un acide soluble dans les liqueurs alcalines.

En pesant le résidu, après l'avoir lavé et séché, on obtient la proportion de cellulose et de paracellulose qui existaient dans le tissu ligneux :

20 gr. de copeaux de chêne, après traitement pour l'acide azotique, puis par l'ammoniaque, ont laissé : 14 gr. de cellulose et de paracellulose.
20 gr. de copeaux de peuplier, après traitement par l'acide azotique, puis par l'ammoniaque, ont laissé : 15,95 de cellulose et de paracellulose.

Lorsqu'on soumet les différents bois à ce mode d'analyse, on constate que quelques-uns ne contiennent pas de cellulose : le sapin, notamment, présente cette particularité; il ne renferme que de la paracellulose et de la vasculose. D'ailleurs les proportions de ces différents principes sont fort variables d'une essence de bois à une autre.

Un fait remarquable ressort de ces analyses, c'est qu'en général la proportion de vasculose est d'autant plus forte dans un bois que celui-ci présente une plus grande dureté. Nous donnons dans le tableau suivant les moyennes de plusieurs déterminations de vasculose et de cellulose effectuées sur différents bois :

100 *parties de ces différents bois ont présenté la composition suivante* :

| | Vasculose. | Cellulose et paracellulose. | Eau et matières extractibles. |
|---|---|---|---|
| Peuplier | 18 | 64 | 18 |
| Chêne | 28 | 53 | 19 |
| Buis | 34 | 28 | 38 |
| Ébène | 35 | 20 | 45 |
| Gaïac | 36 | 21 | 43 |
| Bois de fer | 40 | 27 | 33 |

*Parenchyme de la moelle.* — Ce parenchyme, comme le bois, est constitué par de la cellulose, de la paracellulose et de la vasculose.

Son analyse se fait par conséquent en suivant la marche que nous

avons indiquée précédemment. Nous donnerons, comme exemple, la composition de la moelle de sureau. Ce tissu, débarrassé des matières solubles qu'il peut contenir, est ainsi formé :

| | |
|---|---|
| Cellulose | 37 |
| Paracellulose | 38 |
| Vasculose | 25 |

*Enveloppe subéreuse.* — Dans l'enveloppe subéreuse, on rencontre de la cutose, de la vasculose, de la cellulose et de la paracellulose.

Pour analyser ce tissu, il faut d'abord lui enlever toutes les substances extractibles qu'il renferme, en l'épuisant par l'alcool et l'éther, puis en le faisant bouillir avec une solution ammoniacale faible, en le traitant ensuite par de l'eau légèrement acidulée par de l'acide chlorhydrique et enfin par de l'eau pure.

Si l'on veut doser la cutose, on fait bouillir le tissu ainsi purifié avec une solution de potasse, qui dissout ce principe immédiat, sans altérer la vasculose ni la cellulose. Ce traitement par la potasse doit être poursuivi jusqu'à ce que ce réactif ne dissolve plus rien. La perte de poids éprouvée par la substance donne la proportion de cutose qu'elle renfermait.

La partie du tissu qui a résisté à l'action de la potasse contient encore la vasculose, la cellulose et la paracellulose.

Veut-on isoler la vasculose, il faut dissoudre la cellulose et la paracellulose au moyen du réactif de Schweitzer.

Si au contraire, on désire obtenir la cellulose et la paracellulose, on doit soumettre le produit à l'action de l'acide azotique, puis le faire bouillir avec une solution ammoniacale, qui dissoudra la vasculose oxydée.

En opérant ainsi, nous avons trouvé pour le liège ordinaire la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Eau | 2 |
| Matières solubles dans l'éther et dans l'alcool | 9 |
| Matières dissoutes à l'aide de l'eau, de l'ammoniaque et de l'acide chlorhydrique très étendus | 5 |
| Cutose | 43 |
| Vasculose | 29 |
| Cellulose et paracellulose | 12 |
| | 100 |

### Racines.

Le tissu des racines renferme de la paracellulose, de la vasculose et souvent de la pectose.

Le vasculose existe en quantité assez considérable dans l'épiderme de ces racines et forme à leur surface une membrane continue, tandis que dans les tiges aériennes la membrane extérieure est principalement constituée par de la cutose. La vasculose forme également presque à elle seule les vaisseaux ponctués que l'on rencontre dans les racines.

Lorsqu'on a dissous la pectose en soumettant le tissu à l'action de l'acide chlorhydrique étendu et bouillant, on se trouve ramené au dosage d'un mélange de cellulose et de vasculose que l'on effectue comme nous l'avons indiqué en parlant de l'analyse des bois.

Nous donnerons comme exemple les résultats d'une analyse de racine de Paulownia :

SUBER.

| | |
|---|---|
| Eau | 8.35 |
| Matières extractives solubles dans l'eau, l'alcool, etc. | 10.40 |
| Composés ulmiques solubles dans la potasse | 33.15 |
| Vasculose | 44.40 |
| Paracellulose | 3.70 |
| | 100.00 |

LIBER MOU :

| | |
|---|---|
| Eau | 6.64 |
| Matières extractives et pectose | 55.70 |
| Vasculose | 34.25 |
| Paracellulose | 3.41 |
| | 100.00 |

*Corps de la racine.*

| | |
|---|---|
| Eau | 6 |
| Matières extractives solubles dans l'eau et l'alcool | 26.25 |
| — solubles dans l'ammoniaque et HCl faible | 21 |
| Paracellulose | 29.45 |
| Vasculose | 17.30 |
| | 100.00 |

### Feuilles.

Dans les feuilles, nous distinguerons l'enveloppe épidermique, le parenchyme, les fibres et les vaisseaux.

Ces différentes parties peuvent être isolées, soit en laissant

macérer pendant longtemps les feuilles dans de l'eau, l'altération commençant par le parenchyme, soit en les plongeant dans le réactif de Schweitzer, lequel n'agit que sur ce parenchyme, qui est formé par de la cellulose.

Que l'on ait recours à l'un ou à l'autre de ces moyens, on parvient à séparer d'une part l'enveloppe épidermique, de l'autre les fibres et les vaisseaux.

L'enveloppe épidermique est elle-même composée de deux membranes soudées l'une à l'autre et de constitution différénte : l'une, l'extérieure, est formée par de la cutose, l'autre par de la paracellulose. La première peut être isolée en soumettant les cuticules à l'action du réactif de Schweitzer, après les avoir fait bouillir avec de l'acide chlorhydrique très étendu, ou encore en les traitant par l'acide sulfurique à 3,5 équivalents d'eau. Dans les deux cas, la paracellulose se dissout, et l'on obtient comme résidu la cutose sous forme de pellicules d'une minceur extrême.

Pour isoler, au contraire, la membrane cellulosique, il faut faire bouillir les cuticules avec une solution de potasse, ou bien les soumettre d'abord à l'action de l'acide azotique à froid, puis d'une lessive alcaline; la cutose se dissout et l'enveloppe de paracellulose reste comme résidu.

En appliquant cette méthode à l'analyse des feuilles de lierre, nous avons obtenu les chiffres suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eau et matières extractives solubles dans l'eau, l'alcool et l'éther.. | | | 707.70 |
| Parenchyme............. | Cellulose et pectose................ | | 40.00 |
| Fibres et vaisseaux........ | Vasculose.................. | 9.50 | 17.30 |
| | Paracellulose.............. | 7.80 | |
| Cuticule.................. | Cutose..................... | 10.50 | 35.00 |
| | Paracellulose.............. | 24.50 | |
| | | | 1000.00 |

**Fleurs.**

Les pétales des fleurs présentent exactement la même composition que les feuilles : elles sont enveloppées par un épiderme formé de cutose et de paracellulose; leur tissu utriculaire est constitué par de la cellulose; enfin leurs trachées déroulables sont formées par de la vasculose.

Lors donc que l'on a fait bouillir les pétales avec de l'alcool pour enlever une substance cireuse, ainsi que la matière colorante

qu'elles renferment, puis qu'on les a épuisées par de l'eau distillée, on termine leur analyse comme nous l'avons indiqué pour les feuilles.

Les pétales de dahlia nous ont donné les proportions suivantes de ces différents principes :

| | |
|---|---|
| Eau et matières extractives solubles dans l'eau, l'alcool et l'éther.... | 961.30 |
| Cellulose et pectose, constituant le parenchyme des pétales........ | 31.63 |
| Cutose.................................................. | 3.60 |
| Vasculose.. ............................................. | 1.20 |
| Paracellulose............................................ | 2.27 |
| | 1000.00 |

**Fruits.**

Nous examinerons séparément l'épicarpe, l'endocarpe, le mésocarpe et la graine.

*Epicarpe.* — La cuticule de la plupart des fruits, comme les pommes, les poires, etc., a une constitution assez complexe: elle est formée, en effet, de trois membranes superposées : l'une, l'extérieure, de cutose, la seconde de vasculose et la troisième de paracellulose. Ces trois membranes, bien que soudées ensemble et présentant une minceur extrême, peuvent être isolées en se fondant sur les propriétés caractéristiques des principes immédiats qui les constituent.

Veut-on séparer la membrane de cellulose, on fait digérer, pendant vingt-quatre heures, dans de l'acide azotique étendu de son volume d'eau, la cuticule de pommes, par exemple, préalablement purifiée par des lavages à l'eau bouillante légèrement acidulée, à l'alcool et à l'éther. Sous l'influence de l'acide azotique, la cutose et la vasculose s'oxydent, et ces deux principes se dissoudront, si on traite le produit par une solution chaude de potasse, tandis que la cellulose restera intacte sous forme d'une pellicule continue.

Si l'on se propose au contraire d'isoler la membrane de vasculose, on fera bouillir les cuticules, purifiées comme précédemment, avec une dissolution de potasse qui dissoudra la cutose, puis on éliminera la cellulose par une ébullition du produit avec de l'acide chlorhydrique très étendu et par une digestion dans le réactif cuivrique.

Enfin, désire-t-on ne conserver que la membrane de cutose, on dissoudra la cellulose comme nous venons de l'indiquer en dernier

lieu, puis on mettra la cuticule à la température ordinaire, au contact de l'acide azotique étendu de son volume d'eau. Cet acide agira sur la vasculose et sur la cutose pour les oxyder toutes deux, mais le produit d'oxydation de la vasculose seul est soluble dans l'ammoniaque. De sorte qu'après le traitement, on obtiendra une membrane d'une ténuité extrême, formée de cutose, mais de cutose altérée, oxydée par l'acide nitrique.

*Endocarpe.* — L'endocarpe des fruits présente la même composition chimique que le bois; il est formé de cellulose, de paracellulose et de vasculose. Son analyse s'exécute absolument comme celle du bois.

Dans l'endocarpe d'un grand nombre de fruits, la vasculose entre pour plus de la moitié du poids total, et il est à remarquer que, comme pour les bois, la dureté présentée par le tissu est d'autant plus considérable que la proportion de vasculose est elle-même plus grande. Nous donnons dans le tableau suivant les quantités de vasculose et de cellulose que renferment les endocarpes de plusieurs fruits.

| | Vasculose. | Cellulose et paracellulose. | Eau et matières extractibles. |
|---|---|---|---|
| Coquilles de noix | 44 | 25 | 31 |
| — de noisettes | 50 | 31 | 19 |
| Noix de coco | 58 | 25 | 17 |
| Noyaux d'abricots | 60 | 26 | 14 |
| Noix de Bankoul | 62 | 14 | 24 |

*Mésocarpe.* — Les cellules du mésocarpe des fruits, comme les pommes, etc., sont formées de cellulose et de pectose.

Lorsque à l'aide d'un traitement par l'eau bouillante acidulée par l'acide chlorhydrique, on a dissous la pectose, puis que l'on a dissous la cellulose au moyen de la liqueur de Schweitzer, le tissu cellulaire a complètement disparu; il ne reste plus que les vaisseaux et trachées formés de vasculose et de paracellulose.

La vasculose constitue également en grande partie les concrétions qui se rencontrent dans le mésocarpe de certaines poires: ces concrétions sont formées de vasculose et de cellulose.

*Graine.* — Dans la graine, on distingue le périsperme et le testa.

Le tissu du périsperme, lorsqu'on l'a débarrassé de l'amidon, des matières grasses, etc. qu'il contient, est formé seulement de cellulose.

Dans les téguments qui l'entourent, on rencontre de la vasculose, de la cutose, de la cellulose et de la paracellulose, constituant plusieurs enveloppes concentriques. Pour isoler ces différentes enveloppes, on doit suivre la marche que nous avons indiquée pour séparer les membranes qui forment l'épiderme des fruits.

---

## LES PLANTES TEXTILES EXOTIQUES[1]

PAR

M. ALFRED RENOUARD fils.

(Suite.)

### Les palmiers.

Il n'est pas de famille d'où l'industrie agricole des pays tropicaux retire plus de matières textiles que celle des palmiers; nous ajouterons même — d'où elle les retire sous une forme plus variée.

Parmi ces palmiers, les uns, tels que l'*elaïs guineensis* par exemple, fournissent un textile sous forme d'une filasse souple et douce comme celle du lin; d'autres, comme le *chamoerops humilis* (que nous avons déjà étudié en parlant des plantes textiles de l'Algérie[2]), nous montrent un autre fibre sous l'aspect du crin végétal; d'autres encore, tels que le *cocos nucifera*, nous fournissent le filament sous forme d'une matière couramment employée par la sparterie et la corderie; d'autres enfin, comme l'*attalea funifera*, nous donnent ces fibres noires, dures, épaisses et résistantes, employées dans toute l'Europe pour la fabrication des brosses et des balais, et particulièrement à Paris pour la confection des brosses attachées aux voitures usitées pour le balayage des rues. Nous allons étudier rapidement l'extraction de ces matières fibreuses, ainsi que leur mode de formation dans les plantes qui les produisent. Nous commencerons par les palmiers, d'où l'on retire principalement les filaments servant à l'imitation du crin animal.

*Caryota urens*, L. — Les faisceaux sont extraordinairement développés dans les gaînes et les tiges de feuilles de plusieurs

1. Voir *Ann. agron.*, t. IX, p. 145 et s.; p. 337 et s.
2. Voir *Ann. agron.*, t. VIII, p. 481.

variétés de palmiers; il n'est point rare qu'ils atteignent une épaisseur de plusieurs millimètres. Pendant que les feuilles se développent, leurs enveloppes dépérissent, et lorsque l'action de l'atmosphère a détruit les parties du tissu les moins résistantes, il en reste pour ainsi dire les squelettes, qui pendent des coins des feuilles sous la forme de faisceaux fibreux longs et tenaces. Il en est de même des pédoncules, après le dépérissement des feuilles inférieures.

C'est en voyant les fibres épaisses, rigides, noires et tenaces, préparées ainsi par la nature sur les pédoncules du *caryota urens*, qu'on a songé à les utiliser pour la fabrication des brosses, des balais et même des chapeaux. Elles sont aujourd'hui importées en quantités assez considérables pour ces usages des Indes en Europe, et se vendent sur les marchés de Londres sous le nom de *ghat palm* et sur les marchés français sous ceux de *fibre de kitul* ou *crin végétal des Indes.*

A Ceylan, on utilise les *C. mitis* (Lour.) et *C. horrida* (Jacq.) de la même façon.

*Arenga saccharifera*, Marc. — Ce palmier, qui croît surtout dans l'archipel indien, fournit à l'exportation, sous le nom de *gomouti* ou *ejou*, une espèce de bourre noire, de l'aspect du crin, qu'on retire des bords de la partie engaînante des feuilles et qu'on emploie dans un grand nombre de cas pour remplacer le crin animal : chaque arbre donne environ 2 kilos de fibres chaque année. Ce textile est d'autant plus élastique et plus tenace qu'il est mouillé; il flotte à la surface de l'eau et comme il ne pourrit jamais, on peut l'emmagasiner mouillé sans inconvénients. Cette qualité fait qu'il est très employé dans la marine chinoise pour la fabrication des câbles : des fabriques en ont été établies aux environs de Ning-po; il sert aussi au calfatage des navires. L'extrême sécheresse lui fait perdre de sa ténacité. Il entre aussi dans la fabrication des brosses et tapis de sparterie que l'on envoie en petites quantités en Amérique et en Europe. Les cordages ne se trouvent qu'à bord des jonques chinoises, des praos malais et des barques de Siam.

On sait que l'*arenga saccharifera* doit son nom à ce qu'on en retire une substance féculente qui est utilisée aux Indes, ainsi qu'un liquide sucré qu'on obtient en faisant des incisions dans les spathes des fleurs et que l'on connaît sous le nom de *toddy*.

*Calamus viminalis*, Willd. — On extrait de cette variété de

palmier de longues bandes qui servent à tresser les chaises dites cannées, et auxquelles on donne le nom d'*osier indien*. En préparant ces bandes, on en retire encore comme produit accessoire de longues fibres noires et frisées, dont on se sert dans le commerce pour rembourrer les coussins.

Mentionnons ici que les tiges flexibles du *C. rudentum* (Lour.), câbles naturels d'une solidité à toute épreuve, sont souvent employées dans l'Inde à arrimer les navires et même, paraît-il, à capturer au lacet les éléphants sauvages dans les jungles.

Cependant cette flexibilité extrême n'est pas propre à tous les *calamus :* les espèces *C. petræus* (Lour.) et *C. arborescens* (Griff.), entre autres, ont des tiges si dures et si résistantes que les Malais les emploient pour en faire des piques.

*Chamoerops excelsa*, Thnb. — De même que le *C. humilis* en Algérie, le *C. excelsa* est employé au Japon en grandes quantités. Ce palmier est cultivé dans ce pays pour le crin végétal qui forme une gaîne à la base de chaque pétiole et qui, recueilli en coupant les palmes à leur insertion sur le tronc, est employé par le commerce indigène de la literie. Chaque habitation rustique, dans certaines contrées, a une rangée de chamoerops, dont on élague chaque année les palmes, en ne laissant que le bouquet terminal de quinze à vingt feuilles environ : les paysans font, de la bourre ainsi recueillie, les matelas qu'ils étendent sur le parquet de bois de leur habitation à coucher.

*Cocos nucifera*, L. — Les Anglais désignent sous le nom de *khair*, *gueir*, d'où en France on a fait *coir*, le brou filamenteux qui entoure les noix du *cocos nucifera*, vulgairement *cocotier*. Cette enveloppe épaisse, dure, coriace et relativement légère, est formée de fibres rudes, grossières, très résistantes, que l'on utilise depuis longtemps pour faire des cordages, des paillassons, des brosses, etc.

Aux Indes et à Ceylan, on n'attend pas la parfaite maturité de la noix lorsqu'on veut la récolter en vue de la production de la fibre, car alors cette fibre serait dure et ligneuse; on la cueille au contraire lorsqu'elle n'est qu'à demi-mûre; si on attendait trop longtemps, la fibre n'aurait en outre aucune ténacité.

On commence par séparer les écorces des noix, puis on les met dans des fossés contenant de l'eau douce ou de l'eau salée; on les recouvre de pierres et on les y laisse séjourner un an. Au bout de ce temps, l'eau a croupi, elle s'est corrompue et a pris une teinte

noirâtre; aussi les filaments sont-ils très foncés lorsqu'on les retire de l'eau. Une fois cette sorte de rouissage effectuée, on débarrasse les fibres de tous les corps étrangers par un battage vigoureux. Si on les retire trop tôt des fosses, on parvient difficilement à les débarrasser des impuretés qui les accompagnent. Un séjour trop prolongé leur fait perdre de la force, surtout lorsqu'elles ont été rouies dans l'eau douce.

Aux iles Laquedives, ce sont des femmes qui s'occupent à fabriquer des cordages avec le coir. Après un battage pratiqué à l'aide de maillets assez lourds, elles le frottent entre leurs mains jusqu'à ce que la masse fibreuse soit bien nettoyée, puis la roulent pour lui donner la torsion voulue. Trois grosses noix de coco, provenant du littoral, produisent en moyenne 450 grammes de coir, tandis qu'il faut 10 petites noix de l'intérieur pour obtenir le même poids; malgré ces préparations un peu primitives, les cordages faits avec cette fibre ont une valeur considérable. Ils sont très estimés à cause de leur légèreté, de leur élasticité et de leur force. Ils ont une durée très grande et l'eau de mer n'a aucune action sur eux.

Les nattes et les paillassons faits en fibres de coco sont bien connus et très répandus dans nos pays; on utilise encore ces fibres en Angleterre pour fabriquer des filets grossiers servant à parquer les moutons. On s'en sert aussi pour rembourrer les coussins et les matelas. On peut les teindre et les friser de manière à leur donner l'aspect du crin animal. Les tapis de vestibule et d'escalier confectionnés avec cette fibre se recommandent par leur qualité et leur durée : les Anglais sont parvenus à y introduire une certaine ornementation.

Le cocotier est un arbre dont la description a souvent été faite. Les tiges cylindriques atteignent de 25 à 30 mètres de hauteur et sont terminées par un unique bouquet de feuilles de 6 à 7 mètres de long, portées par un pédoncule épais et résistant, entre lesquelles on voit émerger çà et là huit à douze groupes de cinq à quinze noix. Ces noix, qui peuvent flotter sur l'eau, sont parfois, lorsqu'elles tombent, portées par les courants à des distances considérables, et c'est ainsi qu'on s'explique comment on rencontre le cocotier dans certaines îles inhabitées.

Cette noix est la partie la plus recherchée de l'arbre : elle est consommée par plus de deux cents millions d'hommes; dans les pays tropicaux, un fruit sert à la nourriture quotidienne d'une

personne. Les noix sèches et coriaces, d'un goût huileux peu agréable, qu'on vend sur le marché de Paris, ne peuvent donner une idée du fruit délicieux qu'on récolte dans les pays de production; ce fruit est mangé lorsque le brou est encore vert et que l'amande est laiteuse et sucrée, elle contient alors à son intérieur un liquide opalin des plus rafraîchissants que Dumont d'Urville considérait comme la boisson la plus exquise qu'il connût et qu'on appelle lait de coco : pour l'extraire, on brise la noix vers l'endroit où se trouvent les trois cavités qui correspondent aux trois carpelles primitifs de la fleur.

Mais le cocotier sert encore à bien des usages. Par des incisions aux spathes des fleurs, on obtient un liquide sucré qui, fermenté ou distillé, donne une liqueur alcoolique des plus estimées. Aux Indes, les folioles sont fendues en deux et tressées en nattes et paniers; les feuilles servent sous le nom de *cadjans* à couvrir les huttes des indigènes et même certaines maisons européennes; les nervures centrales de ces feuilles servent à faire des balais. A Ceylan, les feuilles vertes du cocotier entrent pour une large part dans la nourriture des éléphants domestiques qui s'en montrent très friands. Enfin, lorsque les arbres ne rapportent plus, on emploie leur tronc comme bois de construction.

*Phœnix dactylifera*, L. — Le *phœnix dactylifera*, vulgairement *dattier*, est un peu exploité, dans les pays où il est abondant, en vue des produits secondaires qu'il fournit sous forme de filaments. Ceux-ci que l'on appelle *lifa* en Égypte et *ghimbusu* en Afrique, sont extraits du tissu réticulaire qui enveloppe le pied de la palme. Ils servent à faire des cordes, à rembourrer le bât des chameaux; ils entrent avec le poil de ces animaux dans la confection des toiles pour tentes et sacs; on en fait encore d'excellentes bourres pour armes à feu. Dans la région des hauts plateaux algériens, certaines tribus confectionnent avec les fibres des palmes divers ouvrages de sparterie, des nattes, des tissus, des sandales, des éventails, des paniers et des chapeaux. Dans la zone où il ne pleut pas, les feuilles servent en outre dans un grand nombre d'oasis comme couverture de gourbis et de maisons.

Nous ne signalons évidemment la bourre de dattier que comme un produit des plus secondaires, l'arbre étant avant tout cultivé pour son fruit. Le Sahara algérien à lui seul renferme plus de 4 millions de ces arbres.

Dans les plantations de dattiers, la proportion des plantes mâles aux plantes femelles est ordinairement de 1 à 50, et ce nombre est considéré comme suffisant. La fécondation se fait, soit par le vent et les oiseaux, mais alors d'une façon très imparfaite, soit plutôt par les cultivateurs eux-mêmes, qui coupent les rameaux de fleurs mâles lorsque les étamines sont chargées de pollen, et qui vont les secouer sur les fleurs femelles.

Les arbres donnent quelquefois des dattes au bout de cinq années, mais ce n'est guère avant quinze ans qu'ils en fournissent d'une façon rémunératrice; à trente ans, ils sont en plein rapport et produisent alors constamment et abondamment jusqu'à quatre-vingt-dix ans, époque à laquelle ils décroissent un peu; ils ne meurent pas cependant et peuvent vivre jusqu'à deux cents ans. La récolte a lieu ordinairement en septembre ou en octobre, mais il est des oasis où l'on cueille des dattes pour ainsi dire toute l'année.

Le rendement des dattiers ne varie pas seulement avec leur âge, mais aussi en raison de la quantité d'eau d'irrigation et de la zone où ils croissent. Ordinairement, les dattiers de Biskra, qui fournissent des fruits très-estimés, donnent environ 50 kilogrammes de dattes par année; dans les oasis du Souf et d'Ouargla et du Mzab, on atteint jusqu'à 70 kilogrammes; dans l'Oued-Rir, région intermédiaire, la moyenne est d'environ 55 kilogrammes. Pour récolter les dattes, on coupe les régimes et on les secoue simplement; quelques cultivateurs cependant cueillent d'avance les meilleurs fruits, qu'ils rangent avec soin dans des corbeilles : les dattes sont ensuite étendues au soleil, qui achève de les mûrir.

On obtient encore du dattier une sorte de « vin » spécial, dit *lakmi*, fourni par la sève de l'arbre, au moyen d'incisions faites au-dessous du bouquet terminal. Les Arabes mangent aussi le chou et les feuilles les plus délicates. Enfin, on se sert comme fourrage pour les chameaux des noyaux de dattes amollis dans l'eau ou moulus.

En Espagne, les frondes des dattiers sont réservées à la tresse fine des chapeaux.

Un certain nombre d'autres palmiers fournissent encore dans leur pays de production du crin végétal : le *trachycarpus excelsus* (Wendl.) par exemple, vulgairement connu sous le nom de *palmier-chanvre de la Chine*, qui croît spontanément dans les forêts de la région montagneuse de ce pays, ainsi qu'au Japon, sous une

latitude de 40°, et qui est entouré d'une bourre épaisse enveloppant la base engaînante des feuilles, que les habitants de ces contrées recueillent pour leur usage personnel; le *cucifera thebaïca* (Del), cultivé dans la Haute-Égypte, utilisé de la même façon; le *bactus tomentosa* (Mart.), qui donne à l'île de la Réunion le crin connu sous le nom de *zaguenette*. Quelques autres sont plutôt utilisés pour la confection des nattes, parasols, éventails, etc.; le plus connu est le suivant :

*Latania glaucophylla*, Hort. — Ce palmier dont la culture semble spécialisée dans l'île de Cuba et qu'on ne rencontre pas dans les îles voisines, est celui qui nous fournit les chapeaux nattés, dits de *latanier*, qui nous arrivent en Europe en assez grande quantité. Dans cette île, on coupe la feuille interne avant qu'elle ne se déploie en éventail, on la fait sécher au soleil qui la décolore, puis on fait des paquets de 25 à 50 feuilles assorties qu'on transporte à dos d'ânes jusqu'au port le plus proche. Là, ils sont emmagasinés, jusqu'à ce qu'un chargement de navire soit complété, puis dirigés vers les différents ports du Havre, Londres, Liverpool, Anvers, Hambourg ou Brême. Parvenu chez le fabricant, le latanier est soumis au défeuillage, qui consiste à séparer les folioles qui forment les lames de l'éventail; il est ensuite blanchi au moyen de lavages alcalins, puis à l'acide sulfureux dans des chambres spécialement appropriées, et enfin étendu sur pré. Après un triage des qualités, on en coupe les tiges et les parties ligneuses, on refend les folioles au moyen de couteaux rangés à des distances égales et plus ou moins rapprochés suivant la finesse qu'on désire obtenir : les lanières obtenues sont alors prêtes à être tressées en chapeaux.

Le *L. Borbonica* (Lam.), autre espèce plus répandue et très connue, n'est utilisée cependant que dans certains pays de production. A la Réunion, on fait avec ses feuilles soit des cordes, soit des parasols. Aux Philippines, on en fabrique de grands sacs qui servent à contenir et expédier en Europe toutes sortes de denrées coloniales. A Madagascar, la plupart des enfants portent des calottes en paille de latanier. Enfin, dans certaines régions peu explorées des Indes, ses feuilles remplacent le papier.

— Nous signalerons encore les feuilles du *Ceroxylon andicola* (Humb.) comme servant à faire dans les pays tropicaux des chapeaux, des nattes, des paniers, et une foule d'ustensiles de ménage. Les colons de la Guyane française et les Caraïbes des bords de

l'Amazone et du Tocantin trouvent aussi dans la portion conique supérieure des spathes énormes du *Manicaria saccifera* (Gœrtn.) une coiffure toute faite ou un excellent sac qu'ils utilisent à l'occasion.

— Nous mentionnerons aussi comme très utilisé dans son pays de production, le *Corypha umbraculifera* (Jacq.), vulgairement appelé *talipot;* ses feuilles, qui ont une circonférence de plus de 10 mètres, sont des ombrelles ou des parapluies naturels que les Indiens mettent à profit : une seule d'entre elles est suffisante pour abriter plusieurs personnes. Cousues ensemble, elles servent à faire des tentes qui résistent parfaitement aux intempéries des saisons. Toutes jeunes, elles sont tressées et servent à faire des sacs, des corbeilles, des parasols; en en tordant ensemble des bandelettes, après les avoir assouplies, on en fait des cordes d'une extrême solidité.

On se sert en Australie des feuilles du *C. australis* (R. Br.) pour faire des chapeaux et des entrelacs. Longtemps avant l'introduction du papier, les naturels des Malabares se sont aussi servi pour écrire des feuilles du *C. taliera* (Roxb.).

Mais les feuilles du palmier qui ont le plus servi longtemps à ce dernier usage, sont celles du *Borassus flabelliformis* (L.) dans l'Inde. On séparait autrefois la feuille en lamelles auxquelles dans le pays on donnait le nom d'*olles :* il va sans dire que les manuscrits de ce genre étaient très fragiles et que les insectes en ont détruit un grand nombre. Pour rendre les caractères plus lisibles, on passait sur l'olle soit le jus d'une feuille de bananier, soit une couleur noire composée d'huile et de suie. Les Indiens se servent encore aujourd'hui de ces feuilles pour faire des cordelettes. Les usages de ce palmier sont d'ailleurs des plus nombreux : les poètes de langue tamile en ont chanté 801.

Les feuilles de l'*astrocaryum vulgare* (Mart.) sont utilisées au Brésil pour la confection de câbles et de hamacs; dans le même pays, celles du *Copernicia cerifera*, découpées en bandelettes et tordues ou tressées, servent de temps immémorial aux muletiers pour attacher leurs animaux pendant la nuit. Aux îles Seychelles, les filaments retirés des feuilles du *Lodoïcea Sechellarum* (Labill.) sont utilisées par les jeunes filles du pays qui en font de charmants objets de vannerie fine. Le *Maximiliana regia* (Mart.) qui croît à la Guyane, y sert pour la fabrication des cordes. Enfin, dans les

contrées équatoriales du Brésil, les feuilles fortes et coriaces du *Mauritia flexuosa* (L.), fournissent sous le nom de *buriti* des lanières qui ont de tout temps servi à fabriquer des filets et des hamacs. Dans la Guyane anglaise, cet arbre est utilisé de manières si diverses qu'on lui a donné le nom « d'arbre de vie » : ses feuilles flabellées fournissent la toiture des huttes ; ses pétioles, les poutres ; son tronc, les solives ; sa moelle, la nourriture, et du revêtement de son tronç on retire l'habillement et les chaussures des pauvres habitants des Savanes.

— Nous reprenons la nomenclature des palmiers dont les produits sont importés en Europe en assez grande quantité.

*Attalea funifera*, Mart. — Comme nous l'avons dit en commençant, les fibres rigides, de couleur brunâtre, qui servent sous le nom de *piaçaba* au balayage des rues de Paris, sont fournies par la désagrégation de la base des pétioles de cet arbre, vulgairement dénommé *palmier chiquichique*.

Les circonstances auxquelles on doit l'utilisation des fibres de l'*attalea* par l'industrie européenne sont assez curieuses. On s'en servait depuis longtemps au Brésil pour la fabrication des cordages, mais elles n'y avaient aucune valeur marchande. Il y a quelques années, un capitaine de navire arrivait de Rio de Janeiro à Liverpool. Pour garantir la coque de son bâtiment des frottements inévitables contre les quais et les navires voisins, il avait fait fabriquer, par ses matelots, en employant ces fibres sans valeur, une ceinture épaisse et forte à son navire. En partant de Liverpool, il laissa celles-ci sur le quai ; elles furent aperçues par l'œil de lynx d'un marchand brossier, qui les acheta pour quelques sous. Celui-ci en fit des brosses qui furent trouvées excellentes, et l'esprit pratique de l'Angleterre fit le reste : le piaçaba ne tarda pas à devenir un important article de frêt et une matière première recherchée.

Ces fibres élastiques sont bien connues, elles ont une longueur de un mètre, leur diamètre varie de $0^{mm}\,8$ à $2^{mm}\,5$ ; elles ne sont pas complètement rondes, mais plutôt aplaties.

*Raphia ruffia*, Mart. — Ce palmier, vulgairement dénommé palmier-bambou, fournit, à proprement parler, la matière textile de Madagascar. Les femmes malgaches en emploient les frondes avec une rare adresse, elles divisent en fils le derme de la foliole de ces palmiers, les font sécher, puis en tissent des entrelacs fins ou des madras à carreaux très légers pour la coiffure, ou encore des tissus

à rayures d'un bel aspect pour « pagnes » quelquefois mélangés de coton et même de soie, qu'on connaît en Europe sous le nom de toiles de raffia.

Dans ces dernières années, on a importé en France, sous le nom de *manilla-bast*, des bandelettes minces, flexibles et très tenaces, qui proviennent d'un palmier commun dans les endroits bas et marécageux des forêts de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique, le *R. tœdigera* (Mart.) Ces bandelettes paraissent détachées des feuilles; elles sont vendues chez les grainetiers, à l'usage des jardiniers, pour ligatures de plantes.

*Elœïs guineensïs*, Jacq. — Ce palmier, qui croît spontanément et en très grande abondance dans toute la partie tropicale de l'Afrique, mais qu'on exploite principalement depuis les côtes occidentales (province de Libéria) jusque très avant dans l'intérieur du continent, est celui qui fournit à l'industrie l'huile dite de palme pour la fabrication des savons. Les feuilles, étroites et allongées, contiennent des filaments de couleur jaune clair de 70 à 90 centimètres de long, susceptibles d'une grande finesse et d'une grande force.

Pour retirer la filasse, on ne récolte que les feuilles des jeunes arbres, qu'on enlève le plus près possible du tronc avec leurs pétioles : on a remarqué en effet, qu'après sept ou huit ans, ces feuilles deviennent sèches et dures et ne peuvent plus servir. La récolte peut avoir lieu trois fois dans l'année; car, quatre mois après la cueillette, un nouveau feuillage a remplacé sur chaque individu celui qu'on a fait disparaître. Une fois la récolte commencée, on peut la continuer pendant sept années consécutives; après cette période, les fruits seuls sont utilisés. Il est à remarquer qu'on a en abondance plutôt de jeunes plantes que de vieilles, la fiente des oiseaux et des animaux de ces régions tropicales qui se nourrissent de la noix de palme servant continuellement de véhicule pour la propogation de la graine.

Lorsque les indigènes ont récolté les feuilles, ou bien ils les font rouir à la manière du lin et du chanvre, ce qui au bout de quatre jours amène la complète fermentation et décomposition des parties molles et la séparation de la fibre, ou bien ils les broient dans des mortiers à riz pour les faire bouillir ensuite soit dans l'eau pure, soit dans l'eau additionnée d'une petite quantité de carbonate de soude. Le rouissage donne une production plus forte en filasse que

la cuisson. Un peignage élémentaire termine les opérations de mise en œuvre. Ces fibres sont jusqu'ici peu importées en France.

## III. — LIBERS ET ÉCORCES

### Liber du tilleul.

On extrait du tilleul d'Europe (*tilia europaea*) un liber que l'on expédie en grandes quantités en Angleterre, qui forme en Russie l'objet d'un commerce des plus importants, le même qui, dans les temps primitifs, paraît avoir été l'un des produits végétaux les plus importants de l'époque préhistorique.

Ce liber est divisé en bandelettes fibreuses dont on fait des tapis, des paillassons, et principalement des nattes pour envelopper les marchandises, et qui sont détachées des arbres en mai ou en juin, au moment où la sève est abondante et où l'écorce se sépare du tronc avec facilité. On abat pour cela les arbres les plus gros, lorsqu'ils ont environ six à huit pieds de circonférence, et on en arrache le tissu protecteur au moyen d'un instrument tranchant en os. On divise celui-ci en bandelettes de huit pieds de longueur environ, que l'on attache les unes au-dessus des autres sur des poteaux pour les conserver droites, on les trempe ensuite dans l'eau dormante pendant plusieurs mois pour en séparer plus facilement la partie charnue. On sépare alors, des différentes couches de l'écorce, des rubans plus ou moin fins, selon la place qu'ils occupent, pour les faire ensuite sécher à l'ombre dans les bois. Lorsque ces rubans sont bien secs, on les met en œuvre. Dans le pays, on en fait encore des tresses, des cordes, des chaussures, etc. Les arbres coupés repoussent très vite.

Un grand nombre de rayons médullaires traversent le liber frais, n'ayant encore subi aucune préparation. En les détruisant, le rouissage laisse une substance percée de trous comme un filet.

A certaines époques, en Russie, des populations entières sont occupées dans les bois au travail du tilleul, ce qui fait que bien des villages sont déserts à l'époque de l'écorçage. La même chose arrive dans certaines parties de la Suède, où on en confectionne des filets de pêche.

Les trois quarts des libers exploités sont employés dans le pays, un quart seulement est exporté par les ports de Riga, Saint-Pétersbourg et Arkhangel. Cette exportation, que l'on peut actuellement

évaluer à une moyenne de 14000000 de pièces, est répartie dans les proportions suivantes:

| | | |
|---|---|---|
| Des gouvernements de | Viatka | 6,000,000 |
| — | Kostroma | 4,000,000 |
| — | Kazan | 1,000,000 |
| — | Nijni-Novogorod | 1,000,000 |
| — | Vologda, Tambow, Simbirk et Penza | 2,000,000 |

Les immenses forêts dont sont couvertes ces parties de la Russie fournissent annuellement plus de 56000000 de nattes à la consommation.

### Liber de lagetta.

Le tissu libérien du *Lagetta lintearia*, Lam. (Thyméléacées), connu en Europe sous le nom de *daphné*, sert à certaines peuplades de l'Amérique du Sud pour la confection de solides vêtements; au Brésil, où il est très commun, on le découpe en lanières qu'on emploie entières ou tordues pour faire des liens à toutes sortes d'usages.

Au premier aspect, ce tissu a l'apparence d'un épais tricot feutré; étiré dans un sens, il semble d'une très grande ténacité, mais en sens contraire, les mailles dont il est formé s'écartent et permettent de le déchirer par un léger effort. Nous avons pu séparer très facilement trois couches superposées d'un échantillon que nous possédions, les diverses couches avaient l'apparence d'une dentelle à jour, mais leur superposition rendait le tissu complètement opaque.

Dans certains musées, où l'on voit des rondelles entières de *lagetta lintearia* encore entourées de leur écorce, les diverses couches dont nous parlons, par la dessiccation, se séparent à demi les unes des autres et ne se rattachent plus que par quelques points au bois lui-même, et comme il semble à première vue qu'on ait affaire à une plaque de bois que la nature a entourée de plusieurs couches de fine dentelle, on voit souvent ce produit étiqueté sous le singulier nom de *bois-dentelle*.

### Autres libers.

Nous signalons rapidement les autres libers, utilisés uniquement dans leurs pays de production, et qui ne sont guère connus en France que comme des objets de curiosité :

Le *Tacca pinnatifida*, L. (Saccacées), par exemple, aux îles de la Société, fournit des bandes de liber larges et d'une blancheur de satin dont les Taïtiennes font des couronnes, des panaches et autres ornements de tête fort élégants.

L'*Holoptelea integrifolia*, ulmacée que l'on rencontre fréquemment dans l'Inde occidentale, fournit par rouissage un liber sans éclat, d'une couleur sale et de peu de ténacité, employé dans le pays.

Le *Lasiosyphon speciosus* (Thyméléacées), très commun dans le Dekan, donne à son tour un liber presque incolore, d'une ténacité extraordinarire, recouvert de fibres qui se détachent avec facilité.

Le liber du *Sponia wightii* est aussi employé dans l'Inde, sa couleur varie du brun au blanc : le rouissage en a détruit la connexion des cellules, ce qui fait paraître la surface comme couverte de fibres d'aspect cotonneux.

A Angola, au Sénégal, dans le Soudan, le liber de l'*adansonia digitata*, L. (Bombacées), vulgairement *boabab, arbre au pain de singe*, suffisamment battu, est employé tel quel ou bien fournit des fibres d'une certaine ténacité et d'une belle couleur, avec lesquelles on fait des cordes très régulières, mais de peu de durée. Dans ces derniers temps, une assez forte quantité a été expédiée d'Ambriz (Guinée méridionale) en Angleterre pour la confection du papier.

Le liber de l'*Artocarpus incisa* L. (Artocarpées), qui croît dans toutes les îles de l'Océan Pacifique, est surtout utilisé à l'île de Rahits, où l'on en fait des étoffes nommées *tapa*, qui constituent la majeure partie des vêtements des insulaires. On le découpe en bandelettes qu'on nettoie soigneusement, qu'on place ensuite les unes sur les autres par deux ou trois couches à l'état frais et humide, et qu'on se contente d'exposer au soleil pour les faire adhérer. Lorsque la masse ne forme plus qu'un seul morceau, on la place sur une planche en bois tendre parfaitement unie, et on la double au moyen d'une étoffe légère qu'on fait adhérer au moyen d'une substance gélatineuse extraite de l'arrow-root.

Nous mentionnerons encore l'écorce fibreuse du *Siphonia elastica* qui, après avoir été martelée, est employée comme étoffe dans le Honduras; et le liber du *pimelea ligustrina* (Thyméléacées) qui, découpé en bandelettes et tordu, est utilisé dans l'Australie occidentale pour la confection des filets de pêche.

Bien entendu, nous ne signalons ici que les plantes dont l'exploi-

tation comme textiles se fait sinon sur une grande échelle, du moins d'une façon quelque peu courante par les pays qui les produisent en abondance. Nous n'avons pas ici parlé d'un certain nombre d'autres végétaux, que nous aurions pu nous contenter de mentionner, dont les propriétés fibreuses ne sont ou n'ont été utilisées qu'incidemment, dont on n'a jamais vu les produits qu'à titre de curiosité dans certaines expositions universelles et qui ne se prêtent pas, comme la plupart des espèces indiquées ci-dessus, aux transformations qu'on peut faire subir au lin ou au chanvre. Ce n'est pas d'aujourd'hui que l'on sait que l'écorce de presque toutes les plantes arborescentes ou les plantes herbacées dont les tiges sont assez flexibles pour qu'on puisse les tresser, fourniraient au besoin de quoi faire un tissu. Je ne sais plus quel chroniqueur raconte qu'Olivier de Serres s'avisa un jour de faire tisser un service de table en filasse de noyer et de l'offrir à Henri IV. L'histoire ne dit pas quel fut le résultat de ce tour de force, ni quelle fut la durée de ce linge d'une nouvelle espèce. Il ne viendrait néanmoins à l'idée de personne de mentionner parmi les produits utilisables du noyer la filasse qu'on peut en retirer à l'exemple du célèbre agronome.

## IV. — DUVETS VÉGÉTAUX

### Le cotonnier.

De toutes les plantes qui produisent des duvets, la plus importante est sans contredit le cotonnier, *gossypium*, appartenant à la grande famille des malvacées. Le coton a pris depuis le commencement du siècle une importance des plus considérables parmi les produits agricoles exotiques, et il est devenu pour les pays civilisés une matière première presque aussi essentielle à leur industrie que le blé et la viande le sont à leur alimentation.

« La synonymie des espèces du genre, dit M. J.-D. Hooker (*Flora of Bristish India*, 1872), est ici extrêmement compliquée et a bravé les efforts de beaucoup d'auteurs. » Rien de plus vrai. Le genre *gossypium* est l'un des plus confus qui existent et des moins faciles à étudier, il aurait certainement besoin d'être refondu complètement et les espèces naturelles qui le composent bien déterminées. C'est ce que n'a jamais fait aucun botaniste.

Dans son *Système des Plantes*, Linné mentionne cinq espèces;

dans l'*Encyclopédie méthodique*, Lamarck en distingue huit; de Candolle, dans son *Prodomus*, écrit en 1808, donne la description de treize espèces et en signale trois douteuses. Walpers, en 1866, dans ses *Annales botanices*, VII[e] volume, résume dans une liste de cinquante-sept noms les espèces qu'il reconnaît légitimes, mais il pense qu'elles devraient être ramenées à trois types, lesquels cultivés depuis des siècles, se seraient modifiés de façon à tromper des auteurs, qui reconnaissent dans ces transformations des espèces véritables. Enfin, dans la monographie récemment publiée au nom du gouvernement italien par le professeur Todaro, de Palerme, il n'en est pas énuméré moins de trois ou quatre cents formes plus ou moins distinctes.

Ce nombre d'espèces, réduit d'une part lorsqu'on les aura mieux étudiées et comparées entre elles, et augmenté d'autre part de quelques espèces océaniennes non encore bien déterminées, formera à peu près l'inventaire du genre. Il est probable que beaucoup d'entre elles sont identiques et sont le résultat d'un croisement. M. Balsamo, à Otrante, dans le sud de l'Italie, a prouvé il y a quelques années que le cotonnier était susceptible d'une hybridation artificielle, car il est arrivé à croiser le *G. hirsutum* (Mill.), qui vient facilement dans ce pays, avec le *G. maritimum* (Tod.) dont les soies sont plus longues et plus fines, et il a obtenu un meillleur produit (*Comptes rendus*, 1867, 2-65, p. 763).

Les deux espèces que nous venons de nommer, sont justement celles qui fournissent les sortes de coton bien classées par l'industrie: le *G. hirsutum* fournit le coton dit *courte-soie* (coton de la Louisiane, de la Nouvelle-Orléans), à graines feutrées, désigné en Amérique sous le nom de *upland cotton*, et le *G. maritimum* (seu *G. barbadense*) fournit celui dit *longue-soie* (coton de Géorgie), à graines lisses, appelé en Amérique *Sea-Island cotton*. Elles sont d'ailleurs, avec le *G. herbaceum* (L.), spontané en Asie et peut-être en Égypte et dont la culture est assez répandue dans tout le bassin de la Méditerranée, les espèces qui à elles seules fournissent plus des trois quarts de la production industrielle de l'univers.

La confusion qui existe à propos des espèces botaniques du cotonnier se complique encore de la question de la couleur du coton. Les Anglais se sont surtout occupés de cette question. Le coton nankin, dont la couleur varie du jaune pâle au brun rougeâtre, et qu'on rencontre principalement en Chine et dans l'île de Malte, provient-

il d'une espèce spéciale? Si l'on en croit Robert Fortune, qui fut envoyé par le gouvernement pour étudier les productions végétales de la Chine, le coton blanc et le coton nankin proviendraient d'un même végétal et les Chinois en sépareraient les deux espèces sur le même arbre. M. Thomas Clegg, de Manchester, est du même avis, il ajoute que ce n'est que dans un pays très chaud et sur un sol aride que se produit le vrai nankin foncé et que, si l'on se livrait à des expériences suivies pendant trois ou quatre années, la graine du cotonnier maltais jaune produirait sur la côte occidentale d'Afrique du coton africain blanc et le cotonnier d'Afrique semé à Malte donnerait du coton maltais de couleur nankin. Quant à M. Clarke, auquel on doit une étude assez étendue sur ce sujet, il affirme que ce n'est que par atavisme que le cotonnier blanc redevient jaune et que cette couleur était autrefois propre aux cotonniers sauvages que la culture a profondément modifiés et dont l'espèce est aujourd'hui éteinte. La composition de la couleur naturelle de ce coton a été récemment étudiée à fond par M. Edward Schunck, à la Société des sciences de Manchester.

Quel que soit leur développement, tous les cotonniers sont ligneux. Les botanistes qui ont classé le genre cotonnier en deux grandes divisions: le cotonnier en arbre (*G. arboreum*, L.) et le cotonnier herbacé (*G. herbaceum*, L.), ne lui ont pas appliqué de désignations exactes. Mais il est à remarquer que l'espèce la plus petite est généralement annuelle dans les pays placés en dehors de la zone tropicale, tandis qu'elle vit plusieurs années, comme la grande espèce, dans les contrées à température constamment chaude.

On rencontre l'une et l'autre espèce à l'état spontané dans toute la région tropicale. De là, la culture a disséminé les cotonniers herbacés sur un grand nombre de points du globe, où la température moyenne, quoique notablement moins élevée, dépasse 4500 degrés dans un espace de temps continu de six à huit mois. Les cotonniers en arbres ont toujours exigé pour mûrir une somme de chaleur accumulée de 5500 degrés.

Ce sont là des indications dont on n'a jamais tenu assez compte dans les très nombreux essais d'acclimatation du cotonnier qui ont été faites de nos jours, particulièrement de 1862 à 1866, pendant la guerre de sécession américaine, alors que l'une des principales sources d'approvisionnement faisant défaut, il fallut tenter les plus grands efforts pour faire adopter la culture de cette plante textile

partout où elle semblait offrir quelques chances de succès. Aujourd'hui que les prix qui à cette époque avaient haussé de 300 à 400 p. 100 ont repris leur taux normal, il reste bien peu de chose des tentatives faites, et les États-Unis restent encore comme alors au premier rang des pays producteurs. C'est ce que nous établirons prochainement. (*A suivre.*)

## REVUE DES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

### Physiologie végétale.

***Du rôle des vaisseaux ligneux dans le mouvement de la sève ascendante***, par M. J. Vesque[1]. — La présente note est consacrée à la réfutation des différents points traités par M. Jean Dufour, dans un petit mémoire entièrement favorable à la théorie de M. Sachs.

Les expériences de M. Elfving[2], qui consistent à injecter les cavités cellulaires d'un morceau de bois frais avec du beurre de cacao, fondu à 25°, et à montrer que ce bois est devenu imperméable à l'eau sous pression, semblaient avoir définitivement prouvé l'impossibilité de la théorie de M. Sachs. M. J. Dufour dit, au contraire, que cette preuve n'est pas faite, parce qu'il est tout naturel que les parois cellulaires saturées d'eau, n'en prennent pas de nouvelles quantités, quelle que soit la pression mise en jeu. Au lieu de chercher à pousser de l'eau dans ce bois injecté, il aurait fallu au contraire en retirer à l'autre extrémité.

C'est ce que fait M. Vesque : pour cela il coupe sous l'eau des rameaux de plantes très-diverses, herbacées et ligneuses et il en place l'extrémité, pendant quelques minutes, dans du beurre de cacao fondu; ces rameaux s'injectent d'eux-mêmes sur une faible longueur; la section étant rafraîchie sous l'eau, il a constaté que tous ces rameaux se fanent au bout de peu de temps. L'injection par une matière solide, des cavités cellulaires du bois et notamment des vaisseaux, s'oppose donc au mouvement de l'eau; l'eau de transpiration se meut, non dans l'épaisseur des parois cellulaires, mais directement dans les vaisseaux ou de cellule en cellule.

Dans une autre série d'expériences, M. Dufour plie des rameaux de saule sur eux-mêmes, il les attache dans cette position et il constate que ces rameaux ne se fanent pas quoiqu'ils soient devenus imperméables à l'eau sous pression. M. Vesque, d'accord en cela avec M. Russow, admet que les cavités des vaisseaux sont loin d'être oblitérées dans des rameaux traités de cette manière; l'imperméabilité apparente est causée par des chapelets d'air, et l'eau peut fort bien passer de cellule en cellule pour tourner le point obstrué. Même quand l'obstruction serait réelle, elle serait trop peu étendue pour constituer un obstacle au passage de l'eau. A cette expérience de M. Dufour, l'auteur en oppose une autre qui consiste à écraser la base d'un rameau entre les mors

1. Comptes rendus, XCVII, p. 871.
2. *Annales agronomiques*.

d'une pince plate. Ce rameau se fane rapidement, car dans ce cas l'obstruction matérielle occupe environ un centimètre.

Enfin M. Dufour reproche à la théorie atmosphérique de ne pas expliquer l'ascension de l'eau à plus de dix mètres d'élévation. M. Vesque admet volontiers l'exactitude du principe, mais il tient à ce qu'on ne compte pas comme de l'eau les colonnes d'air interposées qui occupent souvent plus des quatre cinquièmes de la hauteur et il croit que la pression de l'air contenu dans les éléments de la base du tronc peut fort bien dépasser la pression atmosphérique, de sorte qu'il est très facile de comprendre l'afflux de l'eau dans la couronne des arbres géants tels que le *Sequoïa gigantea* du Yellow-stone-Park et les Eucalyptus de de l'Australie, qui dépassent cent mètres de hauteur.

*Sur l'observation directe du mouvement de l'eau dans les plantes*, par M.G. CAPUS[1]. — M. Vesque a publié, il y a plus d'un an, une note insérée dans les Comptes rendus, dans laquelle il démontre le mouvement de l'eau dans les vaisseaux d'un rameau coupé en biseau.

On pouvait reprocher à cette expérience d'avoir été faite sur des rameaux coupés; il était donc à désirer qu'elle fût répétée sur des plantes entières, pourvues de racines. C'est ce que M. Capus est parvenu à faire sur un *Begonia*, un *Dahlia* et sur le topinambour. Pour cela il enlève l'écorce sur une petite longueur afin de dénuder le jeune bois; ensuite il fait au côté opposé un trou et il creuse la moelle jusqu'au bois; la portion de bois dénudé devient ainsi assez transparente pour être examinée au microscope. Cet instrument, fixé à la place de la lunette d'un cathétomètre, est disposé horizontalement devant la tige; les vis calantes du cathétomètre permettent la mise au point. M. Capus montre que, dès que le soleil ne donne plus sur la plante, les vaisseaux tendent à s'injecter d'eau, que les index d'air diminuent et finissent par disparaître; si, au contraire, la transpiration est relativement active, les index se déplacent dans le sens de la hauteur et accusent le mouvement de l'eau dans les vaisseaux. Quand on dépose une goutte d'alcool ou d'acide sulfurique sur une des extrémités de la coupe, on provoque dans les vaisseaux un mouvement violent d'eau qui déplace les index et vide en partie les vaisseaux. Quand on chauffe violemment l'atmosphère qui entoure la plante et les feuilles elles-mêmes, on remarque également un déplacement désordonné des index d'air, mais dans ce cas, il faut faire la part de la dilatation de l'atmosphère intérieure de la plante.

## Physiologie animale.

*Passage de la bactéridie charbonneuse dans le lait des animaux atteints du charbon*, par MM. CHAMBRELENT et MOUSSOUS (comptes rendus, 19 novembre). — Les auteurs inoculent le virus charbonneux à des cobayes en lactation et recueillent le lendemain une petite quantité du lait de chacun de ces animaux pour en faire des cultures dans les ballons Pasteur; ils ont obtenu plusieurs fois ainsi un développement de bactéridies charbonneuses qui ne laisse aucun doute sur la présence du virus, en faible proportion il est vrai, dans la secrétion lactée.

1. Comptes rendus, XCVII, p. 1087.

*Le Gérant* : G. MASSON.

# TABLE

## DES MATIÈRES

*Les titres des sujets traités dans la Revue des publications françaises et étrangères sont imprimés en petit texte.*

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

# TABLE

## PAR NOMS D'AUTEURS

Pages

FIN DE LA TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

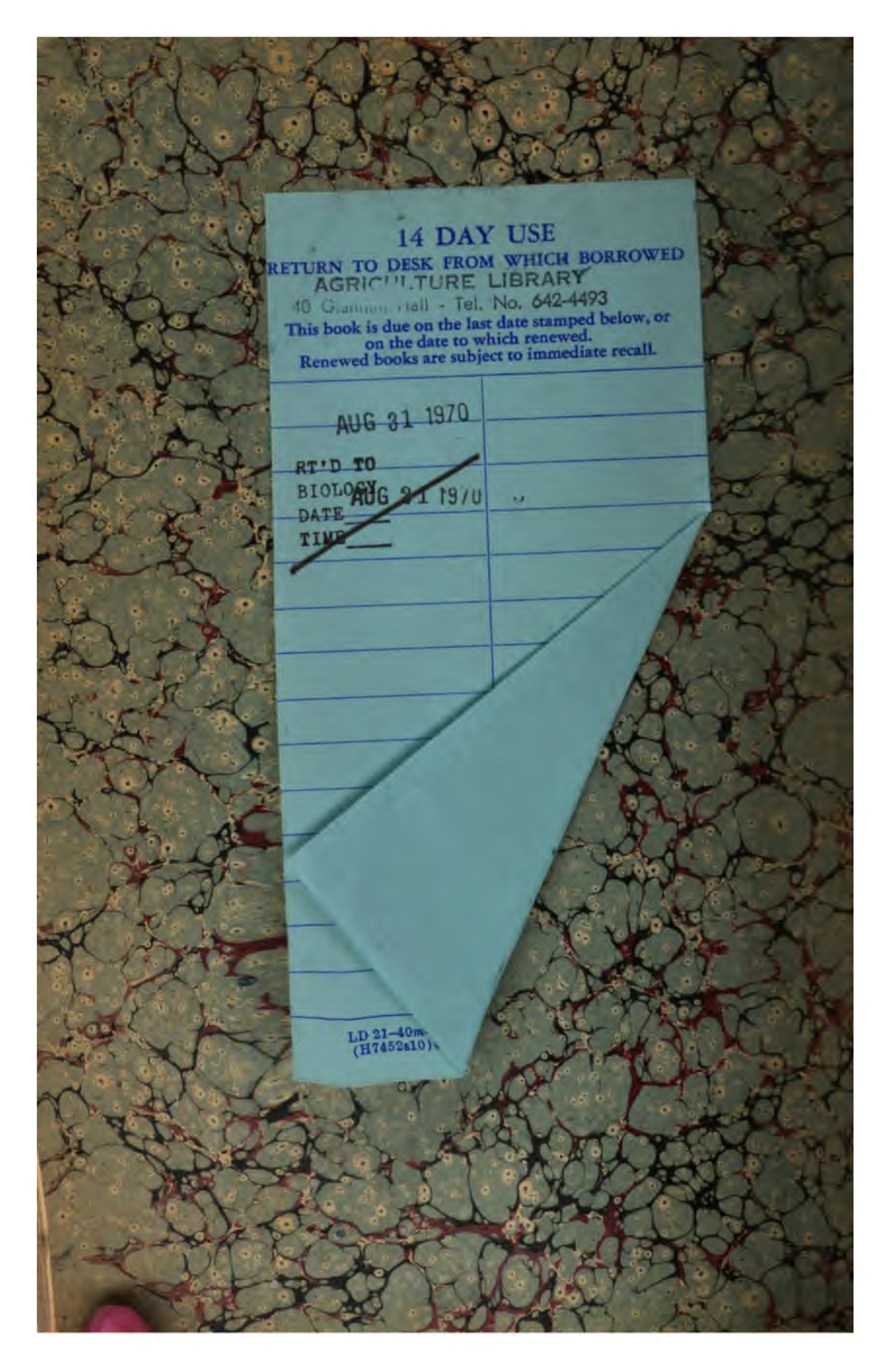
# TABLE

## PAR ORDRE DE MATIÈRES

Pages

FIN DE LA TABLE PAR ORDRE DE MATIÈRES

BOURLOTON, Imprimeries réunies, B.


14 DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED
AGRICULTURE LIBRARY
40 Giannini Hall - Tel. No. 642-4493
This book is due on the last date stamped below, or
on the date to which renewed.
Renewed books are subject to immediate recall.
AUG 31 1970
RT'D TO
BIOLOGY AUG 31 1970
DATE
TIME
LD 21-40m
(H7452s10)